

Tiedekunta/Osasto – Fakultet/Sektion – Faculty Humanistinen tiedekunta		Laitos – Institution – Department Filosofian, historian, kulttuurin ja taiteiden tutkimuksen laitos	
Tekijä – Författare – Author Juuso Koskinen			
Työn nimi – Arbetets titel – Title SUON PEITTÄMÄN ESIHISTORIALLISEN MAASTON MALLINNUS – Paikkatietomenetelmän arviointi Savitaipaleen Rajalamminsuon kenttämittausten avulla			
Oppiaine – Läroämne – Subject Arkeologia			
Työn laji – Arbetets art – Level Pro gradu	Aika – Datum – Month and year 2/2018	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 82	
Tiivistelmä – Referat – Abstract  <p>Kosteikkoarkeologia (eng. <i>wetland archaeology</i>) tekee tuloaan Suomeen. Kosteikkoympäristöt asettavat uudenlaisia haasteita arkeologiselle suojelulle sekä kenttätutkimukselle. Ne synnyttävät tilauksen myös uusille paikkatieto- ja mallinnusmenetelmille. Etenkin tiedot muinaisesta maisemasta sekä maastonmuodoista ovat korvaamattomia, kun muinaisia asuinpaikkoja etsitään ja arkeologisia selityksille laaditaan. Kosteikkoympäristöt ovat muuttuneet vahvasti holoseenin saatossa, ja varsinkin soilla muinaisten rantavyöhykkeiden, järvenpohjien sekä kuivan maan alueiden päälle on yleensä kerrostunut paljon turvetta, jonka peittämistä maastonmuodoista arkeologeilla ei ole tavallisesti käytössään kuin ainoastaan viittellisiä topografisia aineistoja.</p> <p>Kokeilen FM Niko Latvakosken pro gradu -työssään kehittämää <i>sovelletun korkeusmallin</i> menetelmää Savitaipaleella sijaitsevaan Rajalamminsuohon, ja tarkastelen mallin todenmukaisuutta geologisten kairausten sekä maatutkauksen avulla. Mallinnusmenetelmää ei ole aikaisemmin koeteltu kenttätöissä hankittuja mittauksia vasten. Arvioin myös mallin hyödyllisyyttä muinaisjäännösten suojelun kannalta. Tämä vaatii tuekseen tietoa etenkin tutkitun alueen rannansiirtymisestä, jota myös käsittelen työssäni. Suon geologinen ympäristö on Toiseen Salpauselle liittyvää jäätikköjokideltaa, ja sen jyrkillä harjumuodostelmilla voi erottaa useita muinaisrantaterasseja. Tutkimusalueen läheisyydessä sijaitsee monia esihistoriallisia asuinpaikkoja ja muita toiminta-alueita, joista osa rajautuu välittömästi suon reunaan. Kolmiulotteinen georeferoitu malli nostaa menneen kosteikkoympäristön topografian analyttiseen tarkasteluun, ja sen avulla on mahdollista paikantaa muinaisia turpeenalaisia rantavyöhykkeitä. Malli muodostetaan kahden lähtöaineiston pohjalta: Geologisen tutkimuskeskuksen turvetutkimuksien syvyyspisteet sekä suota ympäröivät Maanmittauslaitoksen ilmalaserkeilauspisteet muokataan paikkatieto-ohjelmien avulla yhtenäiseksi raster-tiedostoksi, josta turvealue on poistettu. Tämän jälkeen tyhjän alan korkeustiedot luodaan interpoloimalla. Splini-interpoloinnissa syntyvä yhtenäinen kolmiulotteinen pinta sisältää ETRS-TM35FIN-järjestelmän mukaiset korkeus- ja tasokoordinaatit, mikä mahdollistaa sen soveltamisen esimerkiksi kenttätöiden kohdentamisen apuna. Lisäksi sitä voitaisiin käyttää nykyaikaisten ympäristömuutosten seurannassa. Esimerkiksi kosteikkoalueen pohjaveden laskun asettamaa tafonomista uhkaa voitaisiin arvioida mallin avulla.</p> <p>Näkemykseni mukaan mallia voidaan käyttää jo nykymuodossaan suon kivennäispohjaa kuvaavana viitteellisenä maanmittausaineistona, ja tarkkuudeltaan sen voi rinnastaa esimerkiksi peruskarttaan. Merkittävimmät virhelähteet ovat peräisin paikkatietotyökalujen asetuksista, mutta myös lähdeaineistojen välillä havaittiin korkeusarvojen eroja yhtäläisissä maastonkohdissa. Jatkotutkimuksella voitaisiin selvittää millaiset paikkatietotyökalujen asetukset tuottaisivat mahdollisimman todenmukaisen mallin. Tässä tutkielmassa sovellettu versio edellyttää, että suon pohjan ja ympäristön maanpinta ovat yhtäläistä geologista kerrostumaa. Onnistuneen mallinnuksen ehtoja olisi selvitettävä myös toisenlaisten geologisten kerrostumien soilla, jotta menetelmästä saataisiin laajakäyttöisempi.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Kosteikkoarkeologia, paikkatietomenetelmät, maaston mallinnus, rannansiirtyminen, kairaus, maatutkaus, LiDAR			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Helsingin yliopisto, Humanistinen tiedekunta, Filosofian, historian, kulttuurin ja taiteiden tutkimuksen laitos, Arkeologian oppiaine			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

**SUON PEITTÄMÄN ESIHISTORIALLISEN MAASTON MALLINNUS**  
**– Paikkatietomenetelmän arviointi Savitaipaleen Rajalamminsuon**  
**kenttämittausten avulla**

Juuso Koskinen  
Helsingin yliopisto  
Humanistinen tiedekunta  
Filosofian, historian, kulttuurin  
ja taiteiden tutkimuksen laitos  
Arkeologia 31.1. 2018

## Kiitokset

Haluan kiittää Johanna Roihaa ja Taika-Tuuli Kaivoa liikuttavasta omistautumisesta kenttätöskentelyn aikana, Satu Koivistoa perehtyneestä ja tukevasta ohjaamisesta työni koko ajan saatossa, Harri Vasanderia korvaamattomista turveopeista ja mielenkiinnosta suoarkeologiaa kohtaan, Niko Latvakoskea mallinnuksen kehittamisestä sekä siihen liittyvistä korvaamattomista neuvoista, LIL-hanketta tutkijoineen suomalaisen kosteikkoarkeologian uudesta alusta, Suomen muinaistutkimuksen tuki ry:tä kenttätöitteni taloudellisesta mahdollistamisesta, Matti Hakulista, Teija Aleniusta ja Matti Laatikaista valaisevista Kuolimon vesistöhistorian pohdinnoista sekä kommenteista, Niko Anttiroikoa laadukkaasta kenttädokumentoinnista, Wesa Perttolaa ja Sami Kurkelaa maatutkauksen asiantuntijuudesta, vedenalaisarkeologeja Riikka Alvikia, Jørgen Denckeriä, Minna Koivikkoa, Maija Huttusta, Päivi Pihlanjärveä, Sallamaria Tikkasta ja Kalle Virtasta lämpimästä työilmapiiristä ja mielenkiintoisista keskusteluista, Juhani Virkasta kairausnäytteiden säilytystilan järjestymisestä, Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen Tuula Tanskaa ja Museoviraston Katja Vuoristoa lupa-asioiden käsittelystä, Tapani Rostedtia arkeologisen suoinventoinnin käytännön opetuksista, Mika Laventoa suokairan käytön opettamisesta, Risto Järvisalaa vieraanvaraisuudesta ja väsymättömästä työskentelystä Savitaipaleen esihistorian vuoksi, maanomistajia Mikko Naukkarista, Tarmo Kuukkaa, Risto ja Reijo Jurvasta sekä Savitaipaleen seurakuntaa arkeologiselle työlle osoittamastanne ymmärryksestä, sekä Johanna, Ansa ja Eino siitä kaikesta muusta!

# Sisällysluettelo

Lyhenteitä ja käsitteitä.....	5
1. Johdanto.....	6
1.1 Kosteikkojen arkeologinen kulttuuriperintö ja sen suojelun haasteet.....	6
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja kysymyksenasettelu.....	8
2. Teoreettinen ja tutkimushistoriallinen viitekehys.....	10
2.1 Kosteikkoarkeologian tieteelliset saavutukset ja mahdollisuudet.....	10
2.2 Ympäristö ja sen mallintaminen kosteikkoarkeologiassa.....	14
2.3 Muinaisten rantavaiheiden ja soistumisen mallintaminen.....	18
3. Tutkimusalue - Rajalamminsuu.....	21
3.1 Arkeologiset kohteet ja niiden tutkimushistoria.....	22
3.2 Rannansiirtyminen ja umpeenkasvu.....	26
3.3 Ympäristön tila ja eloperäisten aineistojen säilyminen.....	31
3.4 Alueen geologiset piirteet ja korkeusmallintaminen.....	34
4. Tutkimusaineisto - Rajalamminsuon altaan malli.....	36
4.1 Mallin lähtöaineistot.....	36
4.2 Mallin muodostaminen.....	38
4.2.1 Suoalueen raja.....	40
4.2.2 Aineistojen yhdistäminen.....	41
4.2.3 Interpolointi.....	42
5. Kenttätyöt ja niiden tulokset.....	44
5.1 Syvyyskairaukset.....	44
5.2 Maatutkaluotaus.....	49
5.3 Stratigrafiset kairaukset.....	53



<b>6. Mallin tarkastelua kenttähavaintojen valossa.....</b>	<b>56</b>
<b>6.1 Korkeusvirheet ja pinnanmuotojen epätarkkuus.....</b>	<b>56</b>
<b>6.2 Eri mittausmenetelmien vaikutus korkeusarvoihin.....</b>	<b>60</b>
<b>6.3 Malli tutkimuksen ja suojelun työkaluna.....</b>	<b>62</b>
 <b>7. Yhteenveto ja ehdotuksia jatkotutkimukselle.....</b>	 <b>66</b>
 <b>Lähteet.....</b>	 <b>69</b>

## **Liitteet**

**Liite I. GTK:n aineiston merkit**

**Liite II. Tutkimuksen malli ja parannellut sovitukset**

## Lyhenteitä ja käsitteitä

<b>ArcMap</b>	Paikkatieto-ohjelma
<b>Gaussian filter</b>	Paikkatieto-ohjelman työkalu, jolla pehmennetään kolmiulotteisen pinnan muotoja
<b>GTK</b>	Geologian tutkimuskeskus
<b>Interpolointi</b>	Yhteinäisen kolmiulotteisen pinnan muodostaminen pistemäisestä aineistosta
<b>Korkeusmalli</b>	(engl. <i>Digital Elevation Model</i> DEM) Yhteisnimitys maasto- ja pintamalleille, vrt. maastomalli, pintamalli ja sovellettu korkeusmalli
<b>LAStools</b>	Laserkeilausaineiston muokkaamiseen tarkoitettu lisäosa ArcMap-ohjelmassa.
<b>Maastomalli</b>	(engl. <i>Digital Terrain Model</i> DTM). Korkeusmalli, josta rakennukset ja kasvusto on poistettu, vrt. korkeusmalli, pintamalli ja sovellettu korkeusmalli
<b>MapInfo</b>	Paikkatieto-ohjelma
<b>MML</b>	Maanmittauslaitos
<b>Pintamalli</b>	(engl. <i>Digital Surface Model</i> DSM). Suodattamaton korkeusmalli, vrt. korkeusmalli, maastomalli ja sovellettu korkeusmalli
<b>SAGA</b>	Paikkatieto-ohjelma (engl. <i>System for Automated Geoscientific Analyses</i> )
<b>Sovellettu korkeusmalli</b>	(engl. <i>Composite Digital Elevation Model</i> CDEM) Aineistoja yhdistelemällä ja interpoloimalla luotu korkeusmalli, vrt. korkeusmalli, maastomalli ja pintamalli
<b>Splini</b>	Pisteiden läpi piirretty kaartuva linja
<b>.las</b>	Ilmalaserkeilausaineiston tiedostomuoto
<b>.laz</b>	Ilmalaserkeilausaineiston kompressoitu tiedostomuoto
<b>.sgrid</b>	Rasterimuotoinen grid-tiedosto. SAGA-ohjelmassa.
<b>.shp</b>	Vektorimuotoinen shapefile-tiedosto ArcMap-, MapInfo- ja SAGA-ohjelmissa.
<b>.tab</b>	Vektorimuotoinen tiedosto MapInfo-ohjelmassa.

# 1. Johdanto

## 1.1 Kosteikkojen arkeologinen kulttuuriperintö ja sen suojelun haasteet

On ilmeistä, että Suomen alueella eläneiden esihistoriallisten yhteisöjen aineellinen kulttuuri on muodostunut suurimmaksi osakseen eloperäisistä aineksista, esimerkiksi puusta, luusta, nahasta, sarvesta, tuohesta ja hyötykasveista. Arkeologien keskuudessa on yleisesti tunnettua, että eloperäiset materiaalit hajoavat nopeasti Suomen alueella vallitsevassa happamassa maaperässä, ja etenkin sen hyvin vettä läpäisevillä hiekkamaa-alueilla. Sitä vastoin tiedämme myös, että eloperäiset aineistot säilyvät usein paremmin hapettomissa olosuhteissa, kuten vesistöissä, tiiviissä savimaassa tai vettyneissä ympäristöissä (Koivisto 2017). Tähän nähden Suomen alueella voidaan nähdä olevan vahvaa arkeologista potentiaalia, happamista hiekkamaistaan huolimatta, sillä Suomi on huomattavan soinen maa (Lappalainen 1996: 36; Turunen 2008: 67; Virtanen 2008: 12), ja myös muiden kosteikkotyyppien alueita on maassamme runsaasti, johtuen sen ilmastosta (Juvonen & Kurikka 2016: 8).

Suomessa soiden merkitys kasvihuonekaasujen nieluina sekä monimuotoisen luonnon alueina on tiedostettu jo kauan (esim. Nykänen et al. 1995; Aapala et al. 1996), mutta niiden kulttuuriperintöarvojen ainutlaatuisuuteen on alettu vasta hiljattain heräämään. Suomi on allekirjoittanut ensimmäisten maiden joukossa kansainvälisen Ramsarin 1971 kosteikkosopimuksen, jonka tavoitteena on työskennellä kosteikkojen kestävästä käytöstä toteutumisesta (Koivisto 2011: 32, 2017: 76; Ramsarin sopimuksen sihteeristö 2013: 6, 22). Sopimuksen mukaan kosteikkojen suojelutyössä on huomioitava myös niiden kulttuuriperintö (Juvonen & Kurikka 2016: 23). Muiden Ramsar-maiden kosteikkokohteista arviolta joka toisella kohdataan monipuolista kulttuuriperintöä, mutta Suomi on ottanut sopimuksen sisältämän kulttuuriperintösuojelun tähän mennessä välttävästi huomioon (Koivisto 2011: 32–33, 2017: 76). Suomen soista tunnetaan runsaasti lupaavia arkeologisia havaintoja ja aineistoja (Koivisto 2011, 2015, 2016, 2017), mutta niiden varsinainen tutkimus on tähän nähden valitettavan vähäistä.

Kosteikkojen arkeologinen kulttuuriperintö on myös uhanalaista. Etenkin luonnontilaiset suot ovat käyneet harvinaisiksi, niiden vahvan maanmuokkauksen historian vuoksi (Lindholm & Heikkilä 2006: 179; Vasander 2006: 173–175; Vuolanto 2006: 241). Kuivatetussa suossa arkeologiset aineistot altistuvat happea hyödyntävälle hajottajatoiminnalle, ja ojitettujen soiden laaja, mutta katoava kulttuuriperintöpotentiaali vaati pelastuakseen pikaisia sekä vahvoja toimenpiteitä. Ramsar-sopimuksen kulttuuriperintönäkökulmaa onkin otettu hiljattain esille esimerkiksi Museoviraston ja Ympäristöministeriön välisissä neuvotteluissa (Museovirasto 2016), ja kosteikkojen kulttuuriympäristöjen suojelun voi odottaa kehittyvän tulevaisuudessa nykyistä vahvemmas osaksi suomalaista arkeologiaa. Hallinto- ja suojelutyön lisäksi kiinnostus soita kohtaan on lisääntynyt myös akateemisen tutkimuksen kentällä. Pro gradu -työni aihe ja tutkimusalue liittyvät läheisesti Helsingin yliopistossa vuonna 2015 käynnistyneeseen Lost Inland Landscapes (LIL) -hankkeeseen, jonka tavoitteena on löytää vedenalaisia ja soistuneita kivikautisia asuinpaikkoja eteläiseltä Saimaalta (Koivisto 2015). Hankkeen yhteydet Itämeren alueen tutkijoihin rakentavat Suomen soiden arkeologialle myös kansainvälistä viitekehystä ja tutkimusintressiä.

Kosteikkojen tulo arkeologisen kulttuuriperinnön hallinnoimisen, suojelutyön ja tutkimuksen piiriin synnyttää myös tarvetta haastaviin kosteikkoympäristöihin soveltuville uusille tutkimusmenetelmille (Museovirasto 2016: 2). Tähän mennessä kaavoitukseen ja rakentamiseen voimakkaasti sidottu suomalainen arkeologinen työ on ulottunut harvoin suohon tai kosteikoille. Lisäksi tunnettujen vettyneiden kohteiden kaivamisen kalleus, eloperäisten löytöjen konservointikuluineen, on ollut niiden tutkimukselle rasitteena. Kosteikkokohteiden paikantamisen hankaluus tekee soista vältettäviä alueita myös inventoinneissa, joissa aika on rajallista. Näistä vaikeuksista ja esteistä johtuen kosteikkokohteiden suojelutyöstä, kaivauksista, dokumentoinnista tai inventoinneista on verrattain vähän kokemusta maassamme. Umpeenkasvaneiden muinaisjärvien mallintaminen tukisi laajasti suolla tapahtuvaa tutkimusta ja suokohteiden arkeologisen luonteen ymmärtämistä (Latvakoski 2014: 65), mutta edistyneitä mallintamisen menetelmiä ei vielä juurikaan ole käytettävissämme. Tutkielmassa käsitellyn menetelmän kehittäminen toimivaksi hyödyttäisi suokohteiden löytämiseen tähtäävien arkeologisten kenttätöiden suunnittelua, tunnettujen

suokohteiden suojelutarpeiden arviointia sekä esimerkiksi muinaisten umpeenkasvaneiden järviympäristöjen tieteellistä rekonstruktiota tutkimuksen tarpeisiin (ibid.).

## **1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja kysymyksenasettelu**

Jatkan tutkielmassani Niko Latvakosken (2014) aloittamaa työtä, jossa sovelletun korkeusmallinnuksen menetelmää on tarkasteltu suoarkeologisesta näkökulmasta. Sovellettu korkeusmalli on kolmiulotteinen georeferoitu esitys, jonka avulla umpeenkasvaneen järven turpeenalaiset muinaiset rantatasot on mahdollista paikantaa. Turpeen alle sijoittuvien rantavaiheiden hahmottaminen kehityshistorialtaan potentiaalisilla soilla muodostaisi onnistuessaan lähtökohdan arkeologisten tarkkuusinventointien alueelliseen rajaamiseen kosteikkoarkeologisten kohteiden löytämiseksi, mihin tutkijoilla on vielä tällä hetkellä rajoitetusti menetelmiä. Lisäksi toimivaa mallia voitaisiin käyttää yhdessä kaukokartoitusmenetelmien kanssa potentiaalisia ja tunnettuja kohteita uhkaavien ympäristömuutosten monitoroimiseksi. Muinaisvesistön pohjamuodon, eli nykyisen suonpohjan, mallinnus voisi myös luoda mahdollisuuden esittää havainnollisesti jo tunnettujen asuinpaikkojen suhdetta vesistöalueen rannansiirtymisen eri vaiheisiin.

Latvakosken tutkielmassa menetelmän toimivuutta ei vielä arvioitu kenttätutkimuksiin, vaan siinä malleja tarkasteltiin teoreettiselta pohjalta. Oman tutkielmani lisä mallinnusmenetelmän kehitystyöhön on kairauksissa ja maatutkauksissa, joiden suoman vertailuaineiston perusteella mallinnusmenetelmän hyötyjä sekä ongelmia on mahdollista tarkastella jatkokehittelyä varten. Analysoin mallinnusmenetelmän ongelmia etenkin valitsemani tutkimusalueen kaltaisessa geologisessa ympäristössä. Tutkielmani mallin prosessointivaiheet ja asetukset noudattavat tarkasti Latvakosken mallien esimerkkiä, mutta esittelen vertailun vuoksi tutkielmani liitteessä II myös kaksi muuta malliversiota, jotka tutkimustulosteni valossa soveltuvat asetuksiltaan paremmin Rajalamminsuon kaltaisen jyrkkäpiirteisen ympäristön mallintamiseen. Ne myös paljastavat lisää mielenkiintoisia ongelmia, jotka on selvitettävä mahdollisimman

todenmukaisen mallin saavuttamiseksi.

Mallinnuksen arkeologisiin tavoitteisiin kuuluu etenkin muinaisten rannankorkeuksien vyöhykkeellinen paikantaminen suon alalta, mikä vaati mallilta ennustekykä suurialaisten maastonpiirteiden suhteen. Suurialainen tarkoittaa tässä noin satojen metrien mitoissa esiintyviä maaston muotoja. Toisaalta pienialaiset turpeen peittämät topografiset muodot, kuten esimerkiksi noin kymmenien metrien jaksoissa esiintyvät rantaterassit ja muut ympäristöstään poikkeavat tasaiset maastonkohdat, ovat myös arkeologisten kohteiden sijoittumisen kannalta merkittäviä, ja sellaisten onnistunut mallintaminen olisi myös arkeologisesti merkittävää. Asettamieni tutkimuskysymysten kautta arvioin sovelletun korkeusmallin vahvuuksia ja heikkouksia näiden kahden ennusteluokan kohdalla. Lisäksi arvioin mallin käyttöä kenttätöiden suunnittelussa, sekä arkeologisen suojelutyön apuvälineenä. Työni varsinaiset tutkimuskysymykset ovat:

1. Kuinka todenmukaisesti sovellettu korkeusmalli vastaa Rajalamminsuon pohjan kokonaistopografiaa?
2. Miten tarkasti sovellettu korkeusmalli vastaa suon pohjan yksityiskohtaisia muotoja?
3. Millä tapaa sovellettua korkeusmallia voi hyödyntää ja kehittää arkeologisessa tutkimuksessa ja suojelussa?

## 2. Teoreettinen ja tutkimushistoriallinen viitekehys

Työni keskittyy kosteikkoarkeologiaksi (engl. *wetland archaeology*) kutsun tutkimussuuntauksen sekä muinaisten ympäristöjen mallintamiseen liittyviin aihepiireihin. Suomen kosteikoista on löydetty paljon merkittäviä arkeologisia aineistoja, mutta niihin liittyvä tutkimus on ollut melko vähäistä. Näkemykseni mukaan Satu Koiviston väitöskirja *Archaeology of Finnish wetlands with special reference to studies of Stone Age stationary wooden fishing structures* (2017) on avaus, joka tuo kosteikkoarkeologian Suomeen teoreettisena suuntauksena, ja tämän uuden alan merkityksen nostaminen arkeologien sekä laajemman yleisön tietoisuuteen vaatii vielä paljon ponnistuksia. Uusien kosteikkokohteiden löytäminen vaatii kenttätöissä rutiinien muutosta ja uusien menetelmien kehittämistä. Kuivan maan arkeologiaan verrattuna, muinaisen ympäristön mallintamisen tarpeellisuus on kosteikkoarkeologiassa erityisen tärkeää, sillä usein paksujen tulvasedimenttien ja turpeen peitossa olevien muinaisten topografioiden hahmottamiseksi ei ole käytettävissä kuin rajallisesti käyttökelpoisia aineistoja ja menetelmiä.

### 2.1 Kosteikkoarkeologian tieteelliset saavutukset ja mahdollisuudet

Kosteikkoihin liittyvän muinaistieteellisen tutkimuksen alku asetetaan usein 1800-luvun puoliväliin ja Sveitsin Ober-Meilenin järven paaluasuipaikan löytymiseen, mikä aloitti laajan innostuksen samankaltaisten kohteiden etsimiseen muuallakin Euroopassa (Menotti 2012: 2–9). Silti vasta Ramsarin 1971 kokous loi *kosteikosta* (engl. *wetland*) kansainvälisen käsitteen ja termin, jonka yhteyteen tieteellistä tutkimusta voitiin alkaa tuottamaan (Van de Noort & O'Sullivan 2006: 35; Menotti 2012: 10). Sopimuksen huomioiden kosteikkojen arvosta muinaisympäristön tietopankkina avasivat tietä myös kosteikkoarkeologian orastavalle tieteenalalle (Lillie & Ellis 2007: 3). Samalta vuosikymmeneltä lähtien Iso-Britanniassa toteutetut suuret monivuotiset tutkimushankkeet, kuten Somerset Levels Project, Fenland Survey, North West Wetland Survey ja Humber Wetlands Survey, voidaan nähdä läntisen Euroopan kosteikkoarkeologian läpimurtoina (Coles & Coles 1986; Van de Noort & O'Sullivan

2006: 9–31; Lillie & Ellis 2007: 3–8; Menotti 2012: 345–346). Kosteikkoarkeologian kansainvälisinä foorumeina toimivat etenkin vuonna 1986 perustettu Wetlands Archaeological Research Project (WARP) julkaisuineen ja kokouksineen sekä vuodesta 2001 lähtien ilmestynyt *Journal of Wetland Archaeology* -aikakauslehti (Coles 2001: 3; Van de Noort & O'Sullivan 2006: 11). 2000-luvun saatteessa, alan kansainvälisen ulottuvuuden myötä, kosteikkojen erityisarvo arkeologisen kulttuuriperinnön säilyttäjinä on alettu ymmärtämään maailmalla yhä paremmin (esim. Lillie & Ellis 2007: 3).

Ilman kosteikkojen hyvin säilyneitä aineistoja kuvamme useista esihistorian ilmiöistä olisi paljon nykyistä puutteellisempi. Eloperäiset löytömateriaalit, jotka kuivan maan kohteilla ovat usein kokonaan kadonneet tai ovat parhaimmillaankin vain murto-osaltaan säilyneet, tekevät kosteikkokohteiden aineistoista huomattavan laajoja ja monipuolisia. Parhaimmillaan vesi on saattanut peittää hyvin massiivisia eloperäisiä aineistoja, kuten kuuluisat linnoitetut saariasuinpaikat Biskupinissä, Puolassa tai Latvian Āraišissa, joissa esihistoriallinen rakennettu ympäristö on säilynyt kuin vasta hiljattain hylättynä (esim. Piotrowski 1998; Babiński et al. 2007; Lewis 2007; Meadows & Zunde 2014). Tavallista runsaampi ja monipuolisempi aineisto tarjoaa luonnollisesti laajempia mahdollisuuksia perinteiselle vertailevan arkeologian tutkimukselle. Lisäksi se antaa tilaisuuden useiden erilaisten luonnontieteellisten menetelmien soveltamiselle, joita ei yleensä voida hyödyntää tavallisiin kuivan maan aineistoihin, jotka ovat säilyneet vain pieneltä osaltaan.

Kosteikoissa säilyneitä puisia jäännöksiä ja rakenteita on voitu ajoittaa hyvinkin tarkasti puulusto- sekä radiohiiliajoituksen avulla, ja vettyneissä oloissa erinomaisesti säilyneet stratigrafiset piirteet ovat mahdollistaneet aineistojen muodostumisajankohtien tarkan määrittämisen sekä erillisten rakennusten pitkälle viedyn rekonstruoinnin (esim. Coles 1998: 2–18; Larsson 1998; Sands & Hale 2001; Pendergast et al. 2002; Wallace 2003; Roio 2007; Feulner 2011; Menotti 2012: 20, 260–280, 324–325, 331–332; Billamboz 2014; Crone 2014; Daly 2014; Daly et al. 2014; Palomo et al. 2014; Robertson & Ames 2015). Elinkeinoista ja ympäristön varojen hyödyntämisestä todistavat aineistot ovat tarkentaneet käsityksiä menneiden väestöjen ja heidän ympäristöjensä välisistä vuorovaikutuksista ja mm. kalastukseen liittyvät jäännökset ovat säilyneet erityisen



hyvin kosteikoissa (esim. Betts 1998; Byram 1998; Chaney 1998; Moss & Erlandson 1998; Stevenson 1998; Koot & Bakels 2002; Burov 2005; Hutchings & Campbell 2005; Iba 2005; Matsui 2005; Nicholas 2007, Zhilin 2007, 2014; Losey 2010; Lozovski et al. 2013; Bernard & Langouët 2014; Koivisto & Nurminen 2015; Sands et al. 2016). Euroopasta löydetty lukuisat suorumiit ovat lisäksi tarjonneet korvaamattoman lähteen esihistoriallisten yhteisöjen sosiaalisten ja kosmologisten ulottuvuuksien tutkimukselle (ks. Coles 1998: 18–22; Wilkinson et al. 2006; Bermingham 2007; Cowie et al. 2011; Fredengren 2011; Chapman 2015; Fredengren & Löfqvist 2015; Kama 2016).

Suomi kuuluu Itämeren piiriin, josta tunnetaan useita merkittäviä esihistoriallisia vettyneitä asuinpaikkoja ja rakenteita. Lisäksi Suomen alueen esihistorialliset väestöt ovat olleet kiinteässä yhteydessä Venäjän Euroopan puolisiin osiin sekä nykyiselle Valko-Venäjälle. Näiltä alueilta tunnetaan useita huomattavia kosteikkoarkeologisia kohteita hyvin säilyneine pyyntikulttuuriaineistoineen (esim. Charniauski & Kryvaltsevich 2011; Mazurkevich 2011; Lozovski et al. 2013). Baltian maista, Saksan koillusrannikolta sekä eteläisestä Ruotsista on löytynyt myös huomattavia kivikautisia kosteikkokohteita, joista on saatu talteen monipuolista aineistoa rituaaliesineistä pyyntivälineisiin (esim. Lozovski 1999; Hartz 2011; Kriiska & Roio 2011: 55–64; Larsson 2011: 10–22; Loze 2011; Pranckénaitė 2011: 97–102). Suomen kivikautisilta kosteikkokohteilta on löytynyt etenkin kalastukseen liittyviä aineistoja, joista parhaiten tunnetaan Porin Tuorsniemen ja Antrean verkkolöydöt sekä Yli-Iin Purkajasuon puiset kiinteät kalastusrakenteet (Koivisto 2011: 34; Koivisto & Nurminen 2015).

Liettuasta ja Virossa on löytynyt soille rakennettuja kulkuväyliä (liet. *külgrinda*) (Kriiska & Roio 2011: 66; Pranckénaitė 2011: 107), jotka muistuttavat Alankomaiden, Saksan sekä Britteinsaarten vastaavia neoliittiseltä kivikaudelta rautakaudelle ajoittuvia rakenteita (engl. *trackway*) (esim. Coles & Coles 1986: 41–84, 114–152; Van de Noort & O'Sullivan 2006: 45–55), joskin ne ovat ajoitukseltaan ilmeisesti myöhempiä. Eräs hieman vastaava kivinen rakenne on paljastunut Vähänkyrön Saarenpään Orkon viljelylaaksosta, keskiselle rautakaudelle ajoitetun röykkiökohteen viereisestä peltomaasta, missä rautakaudella on todennäköisesti sijainnut matala vesistö (Nikkilä & Virkkala 1952: 28). Esihistoriallisia suorumiita on löydetty Britteinsaarten lisäksi

etenkin Alankomaista, Saksasta ja Tanskasta (esim. Coles & Coles 1989: 173–197; Chapman 2015: 9). Varsinaisia suoruumiita, joissa olisi säilynyt myös pehmeää kudosta, ei ole tullut esiin Suomen alueelta, mutta Isokyrön Leväluhta ja Vöyrin Kälđamäki tunnetaan keskirautakautisina kalmistoina, joiden vainajat ovat mahdollisesti haudattu aikanaan matalaan vesistöön (esim. Wessman 2009; Koivisto 2011: 36). Leväluhdasta on saatu talteen useiden vainajien luita sekä mahdollisesti uhrina annettuja pronssiesineitä, kuten ranne- ja kaularenkaita, solkia, ketjuja, puikkoja, sormuksia ja pata (Wessman 2009: 85–89). Kälđämäestä puolestaan ihmisen ja naudan luita, kirveen varsi, puisia paaluja, keskeneräinen kalapyydys sekä samankaltainen pronssinen puikko, jollaisia Leväluhdasta on löytynyt (ibid.)

Itämeren maista tunnetaan myös erilaisia hyvin säilyneitä paalurakenteita. Latviasta tunnetaan jopa 10 paalurakenteista rautakautista linnoitettua asuinpaikkaa (Meadows & Zunde 2014: 223), ja hieman niitä muistuttava, mutta tulkinnaltaan kiistanalainen kohde tunnetaan Viron Valgjärveltä (Roio 2007). Ruotsin Alvastrassa on tutkittu neoliittista puurakennetta, jonka yhteydestä on löytynyt paljon keräilykasvien jäännöksiä sekä eläinten luita, mutta myös ihmisluita ainakin 45:stä yksilöstä (Larsson 2011: 20). Suomen vettyneiden asuinpaikkojen yhteydestä, esimerkiksi Yli-Iin Kierikkisaaresta (Siiriäinen 1967) ja Rovaniemen Käräniemestä (Siiriäinen 2004: 65–67), on löydetty myös merkkejä mahdollisista paalutuksista, joita on tulkittu esimerkiksi puolustusvarustuksiin liittyviksi rakenteiksi, vaikkakaan asiasta ei ole arkeologien kesken yksimielisyyttä (esim. Koivisto 2011: 41–42).

Vaikka lähialueiden kosteikkokohteet lienevät usein suomalaisia kohteita näyttävämpiä ja laajempia, on myös huomattava, että Suomen tunnettuja vettyneitä muinaisjäännöksiä on kaivettu verrattain vähän (Koivisto 2017: 63). Esimerkiksi moniperiodisen Humppilan Järvensuon kokonaisuus olisi tähän astisten löytöjensä puolesta erittäin potentiaalinen kosteikkoarkeologinen tutkimuskohde (Koivisto 2011: 43). Toisaalta Keuruun Suojoen veneiden veistämiseen liittyvä 1300-luvun aineisto näyttäytyy jo tähän astisen tutkimuksenkin perusteella ainutlaatuisena (Taavitsainen et al. 2007). Oman lisätutkimusta vaativan kokonaisuutensa muodostavat myös lukuisat soista ja kosteikoista löydetyt ruuhet, sukset ja melat, joita on usein dokumentoitu vain

kansatieteellisesti, vaikka niiden ajoitukset ovat olleet toisinaan esihistoriallisia (Koivisto 2011: 34). Ottaen huomioon Suomen useat kosteikkoarkeologiset löydöt ja kohteet, joiden levintä kattaa laajoja alueita (Koivisto 2011: 33; Koivisto & Nurminen 2015: 57; Koivisto 2017: 49, 55, 70), sekä maamme kosteikkojen suuren määrän, on ilmeistä, että merkittäviä kohteita on Suomessa myös vielä löytymättä.

Useat tärkeät kosteikkokohteet, Suomessa kuin ulkomaillakin, ovat löytyneet 1800-1900 -lukujen aikana ei-arkeologien tekemien ilmoitusten myötä, ja etenkin soilla sijaitsevat arkeologiset kohteet ovat löytyneet useimmiten käsin tehdyn turpeennoston ja ojittamisen yhteydessä (esim. Coles & Coles 1986: 14–16; Piotrowski 1998: 90–91; Hingley et al. 1999: 106; Schulz 1999; Koivisto 2016: 43). Nykyään koneellisen turpeennoston yhteydessä arkeologista koulutusta vailla olevan koneenkuljettajan on kuitenkin käytännössä mahdotonta huomata esiin nousevia arkeologisia löytöjä. Toisaalta Suomessa on paljon kosteikkoalueita, joilla ei harjoiteta turpeennostoa, mutta jotka ovat uhanalaistuneet ojittamisen tai muun maankäytön johdosta (Lindholm & Heikkilä 2006: 179; Vasander 2006: 173–175; Vuolanto 2006: 241). Tämän vuoksi ennalta tuntemattomien kohteiden pelastamisen vastuu istuu tukevasti akateemisen sekä rakentamiseen ja kaavoittamiseen liittyvän lakisääteisen arkeologian harteilla. Pelastustyössä erityisroolissa ovat muinaisjäännösten suojelusta vastaavat viranomaiset, eli käytännössä Museovirasto ja paikallismuseot. Myös suo- ja muiden kosteikkokohteiden löytämiseen tarvittavat keinot vaativat järjestelmällistä kokeilua ja monitieteisten menetelmien kehittämistä. Kohteiden ympäristön ja maiseman muutosvaiheiden ymmärtäminen mallintamisen kautta tarjoaa menetelmien kehitystyölle hyvin oleellisen lähtökohdan (ks. Chapman & Gearey 2002; Chapman 2015)

## **2.2 Ympäristö ja sen mallintaminen kosteikkoarkeologiassa**

*Ympäristö* ja *maisema* ovat olleet kantavia teoreettisia käsitteitä läpi kosteikkoarkeologian historian (Van de Noort & O'Sullivan 2006: 32–64; Lillie & Ellis 2007; Menotti 2012: 10). Kosteikot säilövät hyvin paitsi ihmistoiminnan esineellisiä

jäänteitä myös jälkiä muuttuneesta luonnonympäristöstä, jonka kanssa muinaiset ihmisyhteisöt ovat muodostaneet yhteenkasvaneen vuorovaikutteisen kulttuurin ja talouden kudoksen (Menotti 2012: 19–20). Kosteikkoarkeologiassa on hyödynnetty paljon monitieteisiä menetelmiä paleoekologisen ympäristön sekä muinaismaiseman tutkimiseksi. Vettyneiden asuinpaikkojen ekofaktit, kuten kasvinjäänteet, eläinten luut, hyönteiset ja loiset, muodostavat korvaamattoman arkiston muinaisen ympäristön kehityshistoriasta, jota tutkimalla ja ajoittamalla menneisyyden luonnonoloista saadaan merkittävää tietoa (Menotti 2012: 243–280). Nämä jäänteet kertovat luonnon suomista varannoista, mutta myös ilmasto-oloista sekä hyödynnettyjen varantojen geenimuutoksista ja patologioista (ibid). Monipuolista ja korvaamatonta tietoa muinasympäristön ja -maiseman kehitysvaiheista saadaan myös kosteikkojen geologista stratigrafiaa tutkimalla (Menotti 2012: 252–254). Luonnontieteellisesti ajoitettujen suokerrostumien koostumus paljastaa vesistöjen vaiheita, ja esimerkiksi tulvakerrostumat sekä ihmistoiminnan sedimentologiset jäljet voivat erottua niissä selvästi (ibid.). Lisäksi vesistöjen sedimenteistä ja suoturpeista voidaan tehdä stratigrafista siitepölytutkimuksia, joiden avulla on mahdollista selvittää tutkitun alueen kasvillisuutta sekä etsiä esimerkiksi jälkiä viljellyistä kasvilajeista (esim. Grönlund & Simola 2011; Ershova 2013).

Näkemykseni mukaan kosteikkoarkeologian prosessualistisen perinteen tutkimukset ovat suhtautuneet luonnonympäristön rekonstruoimiseen ja ihmisen ekologisen ympäristösuhteen selvittämiseen usein tutkimuksen *päämäärinä* (ks. esim. Rippon 2001; Koot & Bakels 2002; Lewis 2007; Nicholls & Scaife 2008; Aalbersberg & Brown 2011; Innes et al. 2011; Taylor 2011). Post-prosessualismista ammentavissa tutkimuksissa ympäröivää luontoa käsitellään taas maisemana (engl. *landscape*), jolle arkeologiset ilmiöt sijoittuvat erilaisten sosiaalisten ja kosmologisten todellisuuksien kytkeytyessä topografiseen ympäristöön, jolloin maiseman käsite muodostaa arkeologisten tulkintojen tärkeän *lähtökohdan* (ks. esim. Brown 2003; Dods 2003; Kilfeather 2003; Ó Néill 2003; O'Sullivan 2005; Davis et al 2007; Lund 2008; Fredengren 2011; Chapman 2015; Fredengren & Löfqvist 2015; Monikander 2015). Molempia lähestymistapoja yhdistää se, että arkeologisten alueiden luonnonympäristön kehitysvaiheiden ymmärtäminen on olennaisesti sidoksissa itse arkeologisten kohteiden

ymmärtämisen kanssa. Arkeologin tutkiman yhteisön toimintatapoja ei voida ymmärtää, tuntematta sen elinkeinoja sekä välittömän ympäristön luonnontaloudellisia tosioita (esim. Kelly 2007: 39–64). Ekologisen näkökulman ulkopuolellakin on huomioitava, että luonnonkansojen maailmankuva ja rituaalinen elämä ovat rakentuneet usein vahvasti ympäröivän luonnon sekä siihen liittyvien elinkeinojen jäsentäminä (esim. Siikala 1999: 104–105; Willerslev 2007; Losey 2010: 17–21), joten hyödynnettyjen luonnonvarojen sekä -ympäristöjen tutkiminen on olennaista, sekä empiiristen että hermeneuttisten tutkimusperinteiden näkökulmista.

Arkeologisten kosteikkokohteiden muodostumisen ymmärtämiseksi on siis ymmärrettävä niiden ympäristön kehitys nykyisen kaltaiseksi, sekä miten kohteen muinainen toiminta ja luonne tähän kehitykseen liittyvät. Tämän johdosta onnistuneella ympäristön *mallintamisella* on arkeologista tietoa lisäävää merkitystä, sekä teoreettisesti että käytännön kenttätöiden ja muinaisjäännösten suojelun kannalta. Georeferoidulla esihistoriallista ympäristöä kuvaavalla mallilla arkeologisten kohteiden sijoittumisen mahdolliset säännönmukaisuudet voidaan saada esille, ja ne voidaan esittää havainnollisesti. Onnistunut malli voi siten tukea arkeologisten tulkintojen muodostamista sekä toimia myös muinaisjäännösten sijaintia ennustavan mallinnusmenetelmän pohjana (esim. Chapman & Gearey 2002; Chapman 2015). Kosteikkokohteen syntyprosessin ja topografisen sijainnin yhteyden parempi ymmärtäminen helpottaisi myös kohdetta uhkaavan maankäytön vaikutuksen määrittelyä sekä arkeologisen kenttätyön tarpeen arvioimista.

Mallinnusta voitaisiin hyödyntää myös kosteikkokohteiden ympäristömuutosten seurannassa. Etenkin soiden ojittaminen ja vedenkorkeuden kausivaihtelut ovat merkittäviä uhkatekijöitä kosteikkokohteiden säilymisen kannalta. Joidenkin eurooppalaisten kosteikkokohteiden säilymistä seurataan esimerkiksi hydrologisen monitoroinnin avulla, jossa veden kausittaisten korkeusvaihteluiden lisäksi tarkkaillaan hautautumisympäristön kemiallista koostumusta (esim. Van de Noort 1996; Matthiesen et al. 2004; Gregory & Jensen 2006; Babiński et al. 2007; Brown et al. 2011; Vorenhout 2011). Kolmiulotteinen malli voisi tuoda seurannalle tärkeän lisätyökalun. Suoaltaan mallia voitaisiin hyödyntää esimerkiksi happipitoisen pohjaveden virtausten

simuloinnissa, joka antaisi mahdollisuuden arvioida virtausten arkeologisille aineistoille aiheuttamaa uhkaa (ks. Welch & Thomas 1996). Samaten suon pohjan topografinen malli auttaisi arvioimaan, milloin kosteikkoalueen vedenpinta on laskenut niin matalalle, että alueen vettyneet arkeologiset aineistot altistuvat kuivumiselle ja happea hyödyntävälle hajottajatoiminnalle.

Topografinen mallintaminen mielletään usein tietokoneiden ja paikkatieto-ohjelmien kehitykseen liittyvänä ilmiönä, joka näyttäytyy arkeologeille usein uutuuksena, vaikka todellisuudessa se on ollut erottamaton osa arkeologian perustutkimusta jo huomattavan pitkään. Esimerkiksi arkeologien vakiintunut työkalu, peruskartta, on myös käytännössä topografinen malli, jossa kolmiulotteista todellisuutta esitetään kaksiulotteisesti korkeuskäyrien avulla. Varhaisimpia tietokoneen avulla laadittuja topografisia malleja tehtiin 1970-luvulla (Kvamme 1995: 1–4). Pitkään merkittävimpänä säilynyt menetelmä on ollut maastomalli, jossa erilaisten karttojen korkeuskäyrät digitoidaan ja interpoloidaan yhtenäiseksi kolmiulotteiseksi pinnaksi paikkatieto-ohjelmassa (esim. Gillings 1995; Kvamme 1995: 4–6). Menetelmä on edelleen käytössä, ja Suomessa on tällä tavalla mallinnettu esimerkiksi Euran Kauttuan viikinkiaikaista jokimaisemaa (Uotila 2011: 133–148) ja Kalannin muinaismaisemaa (Pukkila & Uotila 2003). Digitoituja peruskarttoja on hyödynnetty myös aikaisemmissa Saimaata ja Ahvenanmaata kuvaavissa rannansiirtymismalleissa (Nunez et al. 1995).

Mallinnuksen suurin viimeaikainen murros on tapahtunut kaukokartoituksen kehittyessä ja etenkin ilmalaserkeilauksen yleistymisen myötä. Ilmalaserkeilaus (engl. *Airborne Laser Scanning* ALS) tai yleisemmin lidar (engl. *Light Detection and Ranging* LiDAR) yleistyi paikannusteknologian sekä suurten datamassojen tallentamiseen tarvittavan teknologian kehittymisen ansiosta vuosituhaten vaihteen aikoihin (Opitz 2013: 15). Kansainvälisesti ilmalaserkeilauksen arkeologinen hyöty on tullut tunnetuksi 2000-luvun saatossa (esim. Doneus & Kühnle 2013: 32; Mlekuž 2013: 88). Suomessa menetelmä on vakiintunut nykyään jo arkeologien arkiseksi työkaluksi, vaikka sen ensimmäisistä kokeiluhankkeista on kulunut verrattain vähän aikaa. Ilmalaserkeilauksen hyödyntäminen arkeologisessa inventoinnissa on tullut tunnetuksi etenkin Skogens kulturarv- ja Kvarkenregionen (SKAIK) -hankkeen sekä Valtion metsien

kulttuuriperintökohteiden inventointihankkeen yhteydessä, 2010 -luvulla (Koivisto & Laulumaa 2013; Taivainen 2016: 9).

Kolmiulotteiset topografiset mallit jaotellaan sen mukaan, mitä ympäristön elementtejä niihin sisältyy. *Pintamallissa* (engl. *Digital Surface Model DSM*) kaikki ympäristön korkeuserot esitetään suodattamattomana, kun taas *maastomallissa* (engl. *Digital Terrain Model DTM*) näkyvissä ovat maan pinnan muodot ilman kasvustoa tai rakennuksia (Crutchley 2010: 11). *Korkeusmalli* (engl. *Digital Elevation Model DEM*) on taas yhteisnimitys kummallekin em. mallityypille (ibid.). Käytännössä nämä mallityypit ovat arkeologien käytössä ilmalaserkeilausaineistoina. Soihin keskittyvän tutkimuksen kannalta pelkän ilmalaserkeilausaineiston muodostama korkeusmalli on puutteellinen, sillä sellaisesta ei ole mahdollista poistaa suon turvekerroksia samalla tavalla kuin kasvustoa tai rakennuksia. Tämän vuoksi turpeen peittämien esihistoriallisten kuivan maan ympäristöjen tai vesistöjen pohjanmuotojen esiintuomiseen tarvitaan harvojen tunnettujen korkeuspisteiden perusteella tehtyä laskennallista mallintamista eli interpolaatiota. FM Niko Latvakosken käyttämän termin mukaan kyse on tällöin *sovelletusta korkeusmallista* (engl. *Composite Digital Elevation Model CDEM*) (2014: tiivistelmä, 29). Kyseessä on siis malli, joka kuvaa ainoastaan umpeenkasvaneen suon pohjaa, ja jonka päälle on mahdollista mallintaa myöhempiä rantavaiheita, eli toisin sanoen kyseessä on muinaisvesistön mallinnuksen ensimmäinen vaihe (ibid.).

### **2.3 Muinaisten rantavaiheiden ja soistumisen mallintaminen**

Esihistorialliset yhteisöt ovat hakeutuneet asumaan ja harjoittamaan elinkeinojaan vesistöjen äärelle. Suomen alueella vesistöjen muutokset ovat menneisyydessä olleet huomattavia (esim. Koivisto 2017: 35, 58), ja siitä johtuen muinaisten rantavaiheiden selvittäminen on arkeologisen tutkimuksen keskeisimpiä lähtökohtia. Rannansiirtymistä on tutkittu paljon Saimaan vesistöalueella, jossa geologinen tutkimus on hyödyntänyt paljon arkeologista tutkimusta ja päinvastoin (esim. Saarnisto 1970; Siiriäinen 1974; Hakulinen 2009, 2012; Oinonen et al. 2014). Maankuoren kallistumisesta aiheutuva

huomattava rannansiirtyminen vaikuttaa voimakkaasti Fennoskandian alueen kosteikkoarkeologisten kohteiden sijoittumiseen ja luonteeseen, mitä ei ole niinkään käsitelty tieteenalan kansainvälisessä teorettisessa kirjallisuudessa, joka keskittyy lähinnä Pohjoismaiden ulkopuoliseen kosteikkoarkeologiaan (ks. esim. Menotti 2012; Van de Noort & O'Sullivan 2006). Kosteikkojen vedenkorkeuksien vaihtelut ovat olleet sidoksissa pääosin pelkästään ilmastonmuutoksiin aivan Fennoskandian reuna-alueilta alkaen (esim. Charniauski & Kryvaltsevich 2011: 113; Loze 2011: 79–80; Ershova 2013: 189–191).

Maankuoren kohoamisen ja -kallistumisen aiheuttamalla rannansiirtymisellä on suuri vaikutus paitsi vesistöjen kehittymiseen myös soiden muodostumiseen. Suo voi syntyä kolmella tapaa: 1. maa voi jäädä vetiseksi ja soistua noustuaan vedenpinnan yläpuolelle, 2. metsäalueelle voi ympäröivän topografian johdosta ohjautua niin paljon valuntaa, että se vettyy ja soistuu ja 3. vesistön umpeenkasvun myötä. Myös metsäpalot, isot avohakkuut ja majavat aiheuttavat jonkin verran soistumisia, mutta suurin osa soiden syntyprosesseista selittyy näillä kolmella tapaa, joita ilmastonmuutokset sekä jääkauden jälkeinen maankohoaminen ja -kallistuminen ovat vahvasti ohjailleet. (Korhola & Tolonen 1996: 20–21)

Suon syntyprosessi vaikuttaa luonnollisesti siihen, miten sen paikalla sijainnutta muinaisvesistöä mallinnetaan. Jo sovelletun korkeusmallin vaiheessa, jossa kuvattuna on siis pelkkä suon pohjan muoto, on päätettävä, mikä geologinen kerrostuma määritetään alkuperäiseksi pinnaksi, jonka päälle suon myöhemmät vaiheet rakennetaan. Tutkimusalueeniseudulla, jonka geomorfologiaa määrittää Toisen Salpausselän läheisyys, soiden turpeenalainen pohja on yleensä selvästi erottuvaa glasiaalihiekkaa (Mäkilä et al. 1984), joka myös muodostaa ensimmäisen jääkauden jälkeisen ympäristökehityksen pinnan. Toisenlaisen geomorfologian alueella mallinnettavan muinaisvesistön pohjan määrittäminen voisi olla paljon vaikeampaa. Esimerkiksi rannikon läheisyydessä soiden turpeiden alla saattaa olla useita metrejä Itämeren holoseenin aikaisten vaiheiden jälkeensä jättämää savea, jolloin varhaisinta arkeologisesti merkittävää vesistön pohjaa voi olla hankalaa todeta.



Alkuperäisen pinnan määrittämisen jälkeen muinaisen vesistön mallintamisessa tulee olennaisimmaksi rannansiirtymisen ja umpeenkasvun ajoitettu mallintaminen. Erityisen mielenkiintoista olisi saada näkyville näiden muutosvaiheiden ajallinen suhde tutkitun alueen tunnettuihin arkeologisiin kohteisiin, joskin on huomioitava, että niiden ajoittaminen perustuu usein pitkälti juuri rannansiirtymiseen, jolloin kohteiden ajoitetussa mallintamisessa on kehäpäätelmän vaara. Tutkimusalueeni suo on syntynyt umpeenkasvun seurauksena, etenkin maankohoamisen aiheuttaman rannansiirtymisen myötä (ks. luku 3.2). Alue sijoittuu eteläisen Saimaan seudulle, jossa vedenpinnan korkeusvaihtelut ovat ajan kuluessa olleet suuria (Hakulinen 2012: 35). Kaakkoon päin kallistuvan maankuoren vaikutus on nostanut voimakkaasti vedenpintoja täällä Saimaan altaiden ketjun loppupäässä, ja myös vesistöjärjestelmän lasku-uomien purkautumiset näkyvät vahvasti alueen rannansiirtymässä.

Vesistöhistoria ajoittaa muinaisia suon alaisia rantatasoja, joita tutkimallani mallilla pyritään paikantamaan. Suon kehitysvaiheet ovat todennäköisesti vaikuttaneet myös sen paikalla aiemmin sijainnutta muinaisvesistöä hyödyntäneeseen esihistorialliseen asutukseen. Suoltaan umpeenkasvun vaiheita ja Rajalamminsuon asuinpaikkojen ajallista suhdetta ei varsinaisesti selvitetä tässä tutkimuksessa. Sen sijaan työssä tarkastellaan vasta muinaisvesistön mallintamisen alkutilaa, sovellettua korkeusmallia, sekä sen onnistuneisuutta menetelmänä. Esihistoriallisen ihmistoiminnan ja muinaisrantojen välinen yhteys on kuitenkin merkittävä tekijä myös pohdittaessa mallin käytettävyyttä. Eteläisimmän ja kaakkoisimman Saimaan mesoliittiset rantavyöhykkeet todennäköisine asuinpaikkoineen ovat nykyisin veden peitossa tai soistuneet (Koivisto 2011: 36), ja Rajalamminsuonkin alueella vesi on peittänyt laajoja mesoliittisen ajan kuivan maan alueita Suursaimaan vaiheessa (ks. luku 3.2). Vaiheen jälkeen vedenpinta on laskenut takaisin lähelle mesoliittista korkeutta. Vesistöhistorialtaan Rajalamminsuon on siis hyvin lupaava kosteikkoarkeologinen tutkimusalue ja siksi myös mielekäs mallintamisen kohde.

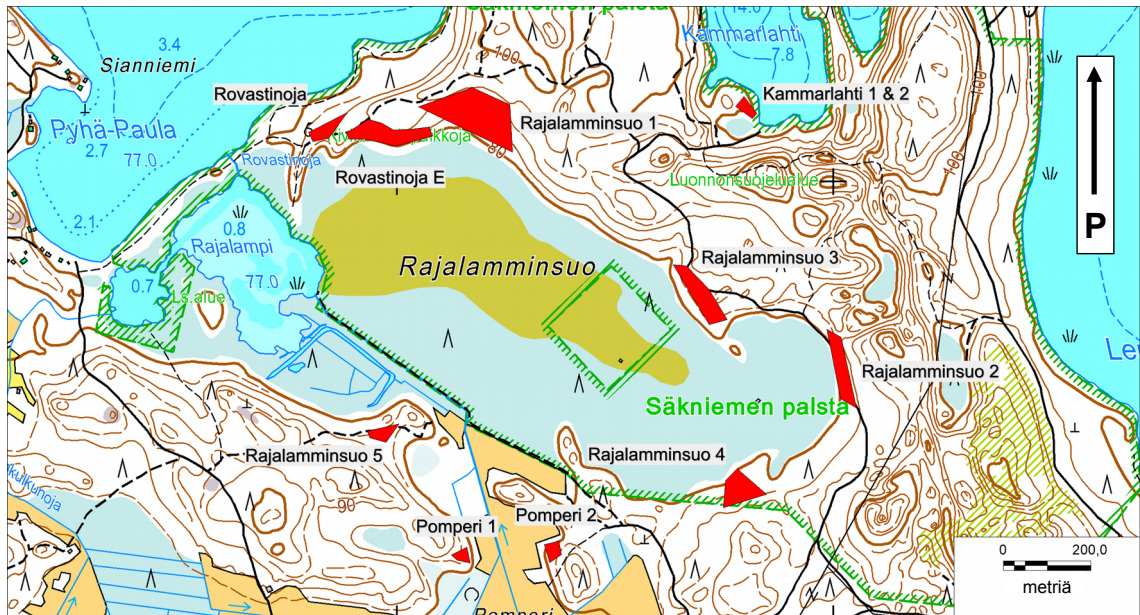
### 3. Tutkimusalue - Rajalamminsuo

Rajalamminsuo sijaitsee Savitaipaleella, Kuolimojärven etelärannalla, n. 5,5 km Savitaipaleen keskustasta länsiluoteeseen. Nykyinen suoalue on menneisyydessä muodostanut järven suojaisan ja matalan lahden, joka on nykyään kasvanut miltei kokonaan umpeen. Valitsin sen tutkimusalueekseni LIL -hankkeen inventointityön yhteydessä kesällä 2015. Suon läheisyydessä sijaitsee useita tunnettuja arkeologisia kohteita, joista osa rajautuu turvealueen selväpiirteiseen reunaan. Etelä-Saimaan voimakas rannansiirtyminen liittyy läheisesti seudun kosteikkojen syntyhistoriaan, ja sen vaikutus näkyy myös Rajalamminsuolla, joka on menneisyydessä ollut Suursaimaan lahti. Suon ympäristön tunnetut kivi- ja varhaismetallikautiset kohteet ovat löytyneet suon allasta ympäröivien jyrkkien harjujen eri korkeuksilta, ja niistä useat sijoittuvat korkeiden rinteiden vahvapiirteisille muinaisrannoille. Muinaisrantojen laaja aikahaarukka yhdistyy alueella asuinpaikkojen suureen määrään. Tämän perusteella Rajalamminsuon alue lähiympäristöineen on Etelä-Saimaan mittapuussa kosteikkoarkeologisesti potentiaalinen alue, jonka kohteiden suhdetta rannansiirtymiseen sekä vesistön umpeenkasvuun on hyödyllistä tutkia.

Arvioitaessa sovelletun korkeusmallin hyödyntämistä arkeologisen kulttuuriperinnön suojelussa ja tutkimuksessa on olennaista ymmärtää tutkimusalueen kohteiden yhteydet niitä kehystävän ympäristön eri kehitysvaiheisiin. Sen vuoksi esittelen seuraavassa alueen tunnetut muinaisjäännökset sekä niiden tutkimushistorian pääpiirteissään. Lisäksi esitän koosteen alueen rannansiirtymisen vaiheista. Muinaisten rantavaiheiden avulla on ajoitettu tutkimusalueen asuinpaikkoja, ja vaihdelleen vedenpinnan vaikutus erottuu myös suon geologisissa kerrostumissa. Käyn läpi myös suon biologisia ominaisuuksia, jotka liittyvät mahdollisten turpeenalaisten arkeologisten kerrostumien säilymiseen. Lopuksi käsittelen vielä Rajalamminsuon alueen topografisia piirteitä suoaltaan mallintamisen haasteiden kannalta, mikä on erittäin keskeistä arvioitaessa mallin todenmukaisuutta sekä sen virheiden syitä.

### 3.1 Arkeologiset kohteet ja niiden tutkimushistoria

Rajalamminsuon reunoilta tunnetaan tällä hetkellä yhteensä 10 kiinteää muinaisjäännöstä (kuva 1). Niistä ainoastaan Rovastinojan kivikautista asumuspainannetta on tutkittu kaivauksin (Jussila 2002), ja muilla kohteilla tehty arkeologinen kenttätö rajoittuu pelkästään inventoinneissa tehtyihin koekuoppiin sekä dokumentointeihin. Kohteiden ajoitukset perustuvat pitkälle rannansiirtymiseen (Miettinen 1990: 7; Jussila 1996: 27–37; Jussila 2002: 2–3; Halinen 2007: 13), ja niihin on typologisesti ajoittavan löytöaineiston vähäisyyden johdosta syytä suhtautua tietyllä varauksella. Rannansiirtymisajoitukset ovat Saimaan vesistöalueella yleisesti käytössä oleva menetelmä, mutta niihin liittyy myös ongelmia, sillä asuinpaikkojen sijoittumiseen ovat ymmärrettävästi vaikuttaneet myös monet muut tekijät, kuin pelkästään rantaviivan välitön läheisyys. Rajalamminsuon ympäristössä jyrkät maastonmuodot ovat hyvinkin voineet ohjata asumusten ja muun ihmistoiminnan sijoittumista tasaisille rantaterasseille, vaikka rantaviiva olisikin sijainnut hieman kauempana. Tämä seikka voi aiheuttaa helposti tuhansien vuosien virhearvion asuinpaikan iän määrittämisessä, etenkin Vuoksen puhkeamisen jälkeisen hitaan vedenlaskun aikana. Toinen rannansiirtymisajoituksen ongelma liittyy Rajalamminsuon alueen vesistöhistoriaan, jonka aikana sen nykyinen kuivan maan ympäristö on ollut veden peitossa kahdessa eri vaiheessa. Ensin suon nykyiset rannat olivat Baltian jääjärven peitossa ja myöhemmin tätä vaihetta seuraavien holoseenin varhaisvaiheiden laskeviin vesiin (ks. luku 3.2). Näitä vesistövaiheita seuranneen kuivan maan kauden katkaisi uudestaan Suursaimaan vaihe, jonka jälkeen vesi laski hiljalleen nykyiselle tasolleen. Jos siis Rajalamminsuon reunoilta, nykyiseltä kuivalta maalta ja läheltä nykyistä veden- tai suonpintaa, löytyy esihistoriallinen kohde, josta saadaan vain arkeologisesti ajoittamatonta aineistoa, kuten kvartsia ja palanutta luuta, emme voi varmuudella tietää liittyykö kohteen toiminta aikaan ennen Suursaimaata vai sen jälkeen.



**Kuva 1.** Rajalamminsuon ympäristön kiinteät muinaisjäännökset. Tausta-aineistot © MML 2016 ja © Museovirasto 2016. Kartta Juuso Koskinen.

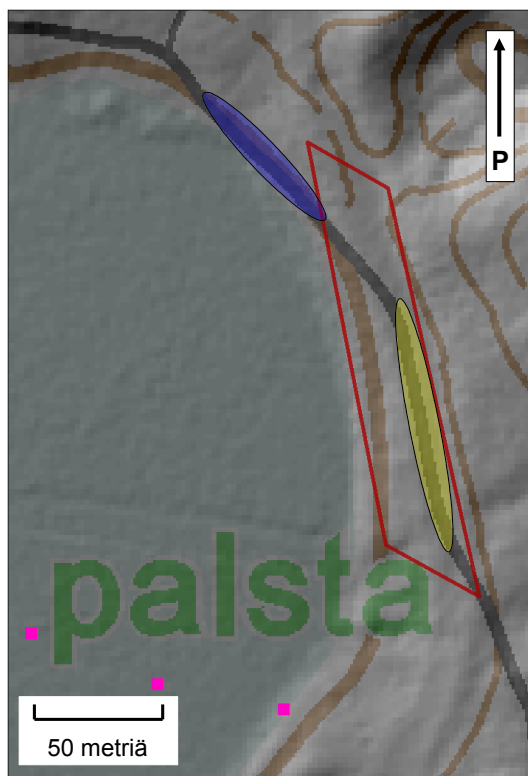
Alueen kohteet ovat löytyneet pääasiassa Timo Jussilan (1996) inventoinnissa vuonna 1996 lukuun ottamatta kohdetta Rovastinoja E, joka löytyi Helsingin yliopiston opetusinventoinnissa vuonna 2004 (Halinen 2007: 11–13). Kohteet on ajoitettu rannansiirtymisen sekä löytöjen perusteella kivikaudelta varhaismetallikauden loppuun (Jussila 1996; Jussila 2002: 2–3; Halinen 2007: 12–13). Timo Miettisen 1981 inventoinnin perusteella Rajalamminsuon alueelta tunnetaan lisäksi kaksi kivikautiselta vaikuttavaa irtolöytöä (1990: 6–7; Jussila 1996: 24). Kohteiden GPS-paikantimella mitatut rajaukset, jotka tässäkin tutkielmassa ovat käytössä, perustuvat Petteri Pietiläisen inventointiin vuonna 2004 (2004: 18–26, 47).

Rajalamminsuon pohjoispuolelta tunnetaan asumuspainanteita ja pyyntikuoppia. Kammarlahti 1 -kohteella sijaitsee asumuspainanne, joka on rannansiirtymisen perusteella ajoitettu aikajaksolle n. 2600–2000 eaa.<sup>1</sup>. Kohteen läheisyydessä, kapealla harjanteella sijaitsee Kammarlahti 2 -kohteen kolme ajoittamatonta pyyntikuoppaa (Jussila 1996: 12, 28–29). Rovastinojan kohteeseen kuuluu yksi suurikokoinen ja kaksi

1

Kaikki tutkielmassa ilmoitetut arkeologiset ja geologiset ajoitukset ovat muotoa eaa./jaa., tarkoittaen länsimaisen ajanlaskun mukaisia aurinkovuosia. Lähteistä saadut cal BC/cal AD -muotoiset radiohiiliajoitukset vastaavat tutkielmassani ilmoitettuja eaa./jaa. vuosia, ja kalibroimattomat ajoitukset olen muuttanut eaa./jaa. muotoon käyttäen CalPal Online ohjelmaa, joka soveltaa CalPal2007\_HULU -kalibrointikäyrää (CalPal Online 2017). Lähteissä ilmoitetut eKr./jKr. -muotoiset ajoitukset olen niin ikään tulkinnut vastaavan länsimaisen ajanlaskun mukaisia aurinkovuosia, ellei ole ollut ilmeistä, että ne edustavat kalibroimattomia ajoituksia.

pientä asumuspainannetta, jotka rannansiirtymisen sekä kohteelta löydetyn keramiikan perusteella ajoittuvat n. 3600–2800 eaa. (Jussila 2002: 2–4). Vuoden 1997 kaivauksissa suuren painanteen koillisnurkkaa tutkittiin 33,5 m<sup>2</sup> alalta, minkä yhteydessä löydettiin kvartsiaineiston sekä palaneiden luiden lisäksi tyypilliseltä kampakeramiikalta (Ka II:2) vaikuttavaa aineistoa, myöhäiskampakeramiikkaa (Ka III) ja Kierikin keramiikkaa (ibid.). Rovastinoja E käsittää viisi kivi- ja/tai varhaismetallikautista pyyntikuoppaa, joista neljä asettuu pohjois-eteläsuuntaiseen, loivasti kaartuvaan jonoon (Halinen 2007: 11–13, 92). Rajalamminsuo 1:llä sijaitsee ainakin kaksi suurehkoa asumuspainannetta, joilta löydetty saviastian palat muistuttavat nuorempaa tyypillistä kampakeramiikkaa sekä myöhäiskampakeramiikkaa (Jussila 1996: 12, 30).



**Kuva 2.** Kohde Rajalamminsuo 2. Punaisella muinaisjäännösrekisterin suojelurajaus. Sinisellä suon reunalla kulkevan tien löytökeskittymä, josta on saatu ainoastaan kvartsiaineistoa. Keltaisella keramiikka-aineiston levintä tien pinnalla. Tausta-aineistot © MML 2016 ja © Museovirasto 2016. Kartta Juuso Koskinen.

Suon itäreunalla sijaitsee painanteettomia ja painanteellisia asuinpaikkoja sekä pyyntikuoppa. Rajalamminsuo 2 käsittää kaksi eri painanteetonta asuinpaikkaa, joiden läpi kulkevalta tieltä, yhteensä n. 70 m matkalta, on löytynyt keramiikan muruja, kvartsi-iskoksia, pii-iskoksia ja tunnistamattomia silikaatti-iskoksia (Jussila 1996: 12–13, 31–32; Halinen 2007: 18–19, 96). Asuinpaikoista ylempi on rannankorkeutensa perusteella kivikautinen, ja suon reunaan sijoittuva alempi asuinpaikka on kivi- ja/tai varhaismetallikautinen (Jussila 1996: 12–13). Tarkastelen sovelletun korkeusmallin pienialaisten muotojen ennustekykyä juuri Rajalamminsuo 2:n edustalla (ks. luku 6.1). Asuinpaikkakohde sijaitsee lähellä Geologian tutkimuskeskuksen (GTK)

turvevaratutkimuksen stratigrafiakuvassa erottuvaa, turpeenalaiselta hiekkaiselta rantaterassilta vaikuttavaa, topografista piirrettä (ks. luku 4.1) (Mäkilä et al. 1984: 73–

74). Tämän takia suon pohjan mallintamisen arkeologinen intressi on korostunut juuri tällä alueella. On huomionarvoista, että Rajalamminsuo 2 -kohteen alemman, suohon rajautuvan, osan löytöaineisto ei poista sitä mahdollisuutta, etteikö se voisi olla peräisin myös esimerkiksi mesoliittiselta kivilaudelta. Kohteen kaksi osaa (kuva 2) on ajoitettu Vuoksen puhkeamisen, noin 3900 eaa. (Oinonen et al. 2014: 1422) jälkeisen laskevan veden vaiheen mukaan siten, että ylempi alue olisi kivilautinen ja alempi kivi-/varhaismetallikautinen (Jussila 1996: 12–13, 31–32). Kuitenkin keramiikkaa on löytynyt ainoastaan ylemmältä terassilta (ibid.), joten on myös mahdollista, että alemman terassin kvartsi-iskokset ovat jääneet paikalle ennen Suursaimaan transgressiota, joka saavutti Kuolimon luonnollisen kynnyksen noin 5200 eaa. (ks. luku 3.2).

Rajalamminsuo 2:lta hieman länteen, kohteella Rajalamminsuo 3, sijaitsee n. viisi epämääräistä painauma, joista yksi on mahdollisesti pyyntikuoppa ja osa myös luontaisia (Jussila 1996: 13, 33; Halinen 2007: 20–21, 97). Inventointilöytöinä tältä kohteelta on vain muutamia kvartsi-iskoksia (ibid.). Kesän 2015 LIL-hankkeen kenttätöiden yhteydessä kohdetta leikkaavalta hiekkatieltä saatiin talteen runsaasti tyypillistä kampakeramiikkaa (S. Koivisto, henkilökohtainen tiedonanto 17.7. 2015). Rajalamminsuo 4 -kohteelta on löytynyt vain muutama kvartsi-iskos, eikä siinä ole havaittu varsinaista kulttuurikerrosta (Jussila 1996: 13, 34; Halinen 2007: 22).

Suon eteläpuolelle sijoittuvat arkeologiset kohteet ovat inventointiraporttien mukaan kivi- ja varhaismetallikautisia asuinpaikkoja, joista yhdellä sijaitsee asumuspainanne. Rajalamminsuo 5 on myöhäisen kivilauden painannekohde, jolta löytynyt keramiikka muistuttaa tekstiili- tai ehkä jopa nuorakeramiikkaa (Jussila 1996: 13, 35). Lisäksi kohteelta on löytynyt kvartsi-iskoksia ja palanutta luuta (ibid.). Pomperi 1 on rannankorkeutensa perusteella kivilautinen asuinpaikka, jolta on havaittu runsaasti palaneen luun muruja, likamaata sekä kvartsi-iskoksia (Jussila 1996: 13–14, 36). Muinaisen salmen toisella puolen sijaitsee kohde Pomperi 2, joka on rannankorkeutensa perusteella niin ikään kivilautinen (Jussila 1996: 14, 37). Kohteelta on löytynyt jonkin verran kvartsi-iskoksia (ibid.). Toisaalta Helsingin yliopiston inventointikurssin yhteydessä kohteelle tehtiin kolme koekuoppaa, joissa ei havaittu mitään

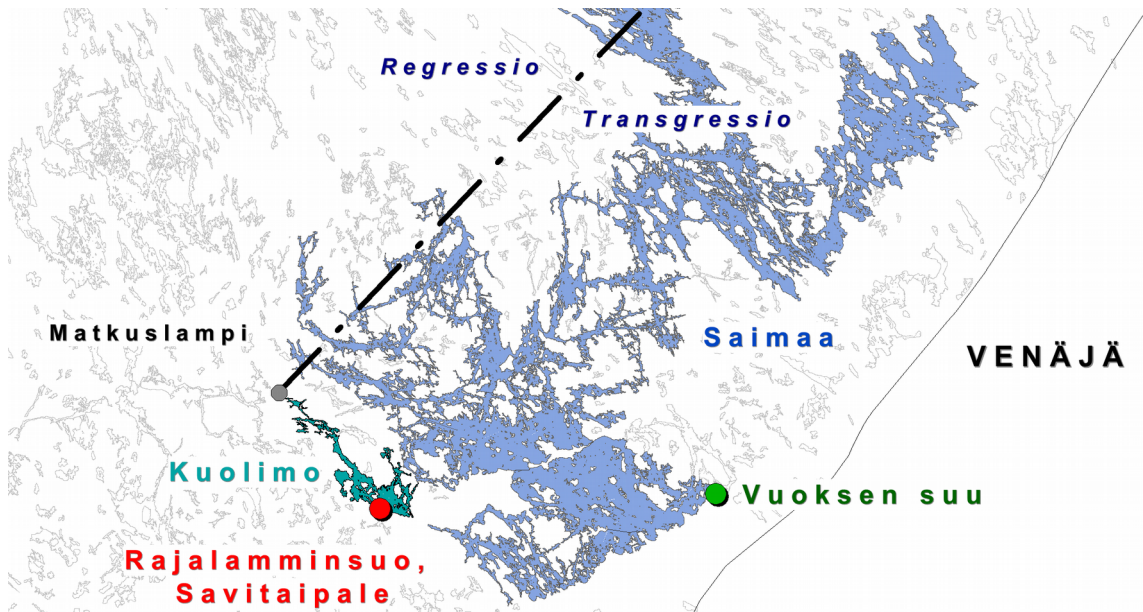
muinaisjäännökseen viittaavaa (Halinen 2007: 25).

Kiinteiden muinaisjäännösten lisäksi Rajalamminsuon lähistöltä tunnetaan kaksi irtolöytöpaikkaa. Ensimmäinen niistä on Ruokosuon verkonpainojen löytöpaikka, joka sijaitsee n. 200 m etelään kohteelta Pomperi 1 (Jussila 1996: 13, 36). Maanomistaja löysi painot pellon sarkaojasta jo 1950-luvulla, ja ne sijaitsivat n. 20 metrin etäisyydellä toisistaan (Miettinen 1990: 7). Vaikuttaa siltä, että painokivet ovat merkinä esihistoriallisesta kalastuksesta, sillä ne olivat osittain saven seassa, mutta toisaalta on myös mahdollista, että ne ovat siirtyneet paikalle myöhemmän peltomaan parannuksen yhteydessä (ibid). Jussilan inventointiraportin mukaan löytöpaikan topografia ja korkeus voivat viitata siihen, että löydöt voisivat hyvinkin olla kivikautisia (1996: 25). Verkonpainot ovat jälkeinpäin kadonneet tulipalossa (Miettinen 1990: 7). Toinen Rajalamminsuon alueen irtolöytö, kivitaltta Pyhäpaulan lahdesta, on lahjoitettu Savitaipaleen kotiseutumuseolle vuonna 1933, eikä sen tarkkaa löytösjaintia tunneta (Miettinen 1990: 6).

### **3.2 Rannansiirtyminen ja umpeenkasvu**

Kuolimo sijaitsee Saimaan vesistöalueen eteläisellä vyöhykkeellä (kuva 3). Maankallistuminen on aiheuttanut tyypillisesti vedenpinnan tason laskua Saimaan pohjoisimmissa osissa sekä sen nousua vesistöjärjestelmän kaakkois- ja eteläosissa (Saarnisto 1970; Hakulinen 2009: 80, 2012: 30–36). Tästä johtuen Saimaan pohjoisosan esihistoriallisena aikana asutetut rannat sijaitsivat nykyisin korkeammalla kuin samanaikaisesti vesistöjärjestelmän kaakkoisilla ja eteläisillä altailla sijainneet rannat sekä asuinpaikat (Saarnisto 1970: 54). Saimaan vesistöjärjestelmän kurouduttua erilleen Itämeren altaan vesistä, n. 7800 eaa. mennessä, veden pinta on pääasiassa laskenut Matkuslampi–Joensuu -akselin luoteispuolella ja noussut sen kaakkoispuolella, kun taas akselin itsensä kohdalla veden pinta on pysynyt lähes nykyisellä tasollaan (Saarnisto 1970: 45–59; Hakulinen 2012: 21). Tosin uusien lasku-uomien puhkeamiset yksittäisten altaiden kohdalla ovat saattaneet vaikuttaa poikkeavasti tähän suuren mittakaavan kehityssuuntaan nähden (Saarnisto 1970: 55).





**Kuva 3.** Tutkimusalueen sijainti suhteessa Saimaan vesistöjärjestelmään. Katkoviivalla merkittävä maankallistuksen isobaasien keskiakseli, joka kulkee Ristiinan Matkuslammelta Joensuuhun. Akselin luoteispuolella pitkän aikavälin rannansiirtyminen on ollut laskevaa ja sen kaakkoispuolella nousevaa. Tausta-aineistot © MML 2016. Kartta Juuso Koskinen.

Vedenpinnan nousu Saimaan kaakkois- ja eteläosissa on todennäköisesti myös hukuttanut esihistoriallisia asuinpaikkoja nykyisen vesistön pohjaan (Saarnisto 1970: 66–71), sillä suuri osa eteläisen Saimaan mesoliittisen ajan rantatasoista sijaitsee nykyisen veden pinnan alapuolella (esim. Saarnisto 1970: 55; Koivisto 2011: 36; Hakulinen 2012: 71). Saimaan järvialtaiden suuren tilavuuden ja niiden muodostaman pitkän ketjun muodon takia lounaaseen sekä etelään pakkautuvien vesimassojen vaikutus on ollut erittäin suurta juuri Etelä-Saimaan vesistöissä, joiden osana myös Kuolimo on ollut kahdesti esihistoriansa aikana (Saarnisto 1970; Hakulinen 2006: 10, 2009: 80, 2012: 30–36).

Kuolimon luonnollinen vedenpinta, ennen yli sata vuotta sitten tapahtunutta keinotekoista laskua, oli n. 78,2 m mpy (Hakulinen 2006: 10, M. Hakulinen, henkilökohtainen tiedonanto 10.12. 2015). Kuolimon kynnykset, Partakoski ja Kärnäkoski, erottavat sen nykyään Saimaan altaasta (kuva 4). Kuolimo on holoseenin aikana ollut kaksi kertaa kuroutuneena itsenäiseksi järveksi Saimaan altaasta, ensin aikavälillä n. 8800–5000 eaa. ja toistamiseen n. 300 eaa. lähtien nykyaikaan asti. Muulloin sen veden korkeus on ollut yhtäläisen maankohoamisvyöhykkeen kohdalla sama kuin Saimaalla. Tarkemmin ottaen Rajalamminسو sijaitsee Suursaimaan 84 m



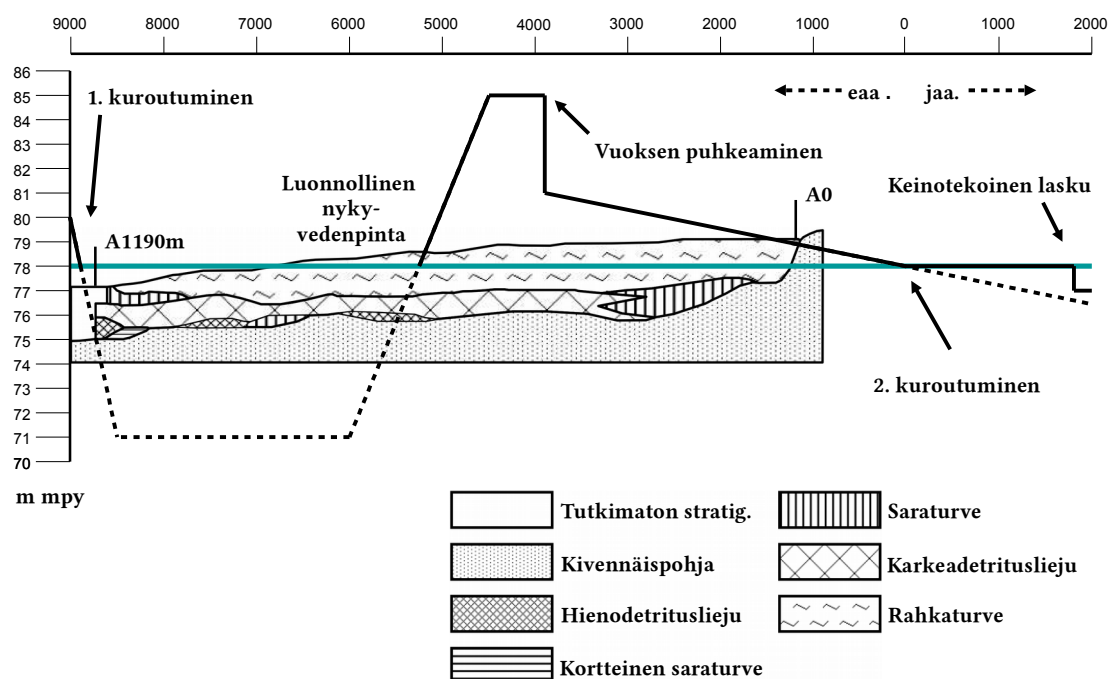
mpy isobaasin tuntumassa (Saarnisto 1970: liite VIII). Isobaasi on sama, jonka Matti Hakulinen on nimennyt *Savonlinna eteläksi* (2009: 71). Seuraava rannansiirtymisen kehityshistoria (kuva 5) on oma päätelmäni, joka on rakennettu vertaamalla Rajalamminsuon geologista stratigrafiaa kyseisen isobaasin rannansiirtymistä vasten. Lähteitä päätelmilleni olen löytänyt etenkin Matti Hakulisen (2006, 2009; 2012) ja Matti Saarniston (1970; 2011) kirjoituksista. Lisäksi olen saanut tärkeitä yksityiskotia Markku Oinonen et al. artikkelista (2014), Timo Jussilan kenttätöraportista (1996) sekä Mikroliitti Oy:n verkkosivulta (2017). Myös Kati Anttilan (2005) Savitaipaleen geomorfologiaa käsittelevä pro gradu -työ on ollut tärkeänä lähteenä, etenkin Rajalamminsuon varhaisimpien kehitysvaiheiden ymmärtämisessä. Aaro Hellaakosken kirjallisuutta ei ole ollut saatavillani, joten joudun tukeutumaan hänen tutkimuksiinsa yllämainittujen lähteiden avulla.



**Kuva 4.** Kuolimon nykyiset lasku-uomat. Tausta-aineistot © MML 2016. Kartta Juuso Koskinen.

Vesistöhistorian avulla haluan erityisesti tuoda esiin näkemykseni, jonka mukaan Rajalamminsuon pohja on hyvin todennäköisesti saattanut olla kuivaa tai osaksi soistunutta maata mesoliittisella kivikaudella. Tämä seikka tekee suon pohjan

topografisesta mallintamisesta erittäin hyödyllistä arkeologisen tutkimuksen kannalta. Silti Kuolimon vesistöhistoria on melko vähän tutkittu aihe, jonka yksityiskohtia olisi suotavaa selvittää laajemmin. On myös otettava huomioon, että uusien tutkimusten myötä saamme jatkuvasti uutta tietoa Saimaan vesistöhistoriallisten tapahtumien ajankohdista ja laajuuksista. Esimerkiksi Vuoksen puhkeamisen ajankohdasta on esitetty useita eri näkemyksiä, jotka eroavat toisistaan muutamia satoja vuosia (vrt. esim. Saarnisto 1970: 61; Oinonen et al. 2014: 1422). Näin ollen rannansiirtymiskäyriin ylipäättään tulee suhtautua havainnollisinä tieteellisinä esityksinä, jotka perustuvat vankasti tutkimukseen, mutta ovat silti hienovaraisimmissa yksityiskohdissaan usein myös jonkin verran viitteellisiä.



**Kuva 5.** Rajalamminsuon geologinen stratigrafia (Mäkilä et al. 1984: 74) ja rannansiirtymiskäyrä. Käyrä noudattaa pääasiassa Suursaimaan 84 mmpy isobaasin rannansiirtymää. Katkoviivalla merkityt osuudet kuvaavat Saimaan vedenpintaa aikoina, jolloin Kuolimo on ollut siitä erillään. Yhtenäinen katkoviiva kuvaa Kuolimon omaa rannansiirtymää aikana, jolloin se on ollut osa Saimaata. Aikavälin n. 8800–5000 eaa. rannansiirtymä on Kuolimolla vielä vähän tutkittu, mutta veden pinta on todennäköisesti käynyt tällä aikavälillä nykyistä luonnollista 78 mmpy kynnyskorkeutta matalammalla, jotta suon pohjan turpeet ovat voineet muodostua. Stratigrafinen profiili on kuvaajassa asetettu m mpy-akselin mukaiseen mittakaavaan, jotta vedenpinnan korkeutta voi havainnoida suhteessa suon kerrostumiin. Aikajanan akseliin sillä ei ole yhteyttä. Merkintä A1190m on GTK:n kairausverkoston selkälinjan läntinen päätepiste ja A0 puolestaan itäinen alkupiste. Tausta-aineisto © GTK 1984. Kuvaaja Juuso Koskinen.

Rajalamminsuon alueen ylin muinaisranta, eli Baltian jääjärven BIII-taso, sijoittuu korkeudelle 112–113 m mpy (Anttila 2005: 41, 52). Veden pinta pysytteli tällä

korkeudella n. välillä 9900–9500 eaa. (Anttila 2005: 39; Saarnisto 2011: 33). Baltian jääjärvi purkautui n. 9500–9300 eaa. (Anttila 2005: 46; Saarnisto 2011: 31), jonka aikana mannerjään reuna halkaisi Rajalamminsuon allasta lounais-koillissuunnassa (Anttila 2005: 52; ks. myös Hakulinen 2009: 38). Purkautumisen jälkeen syntynyt Etelä-Saimaan jääjärvi peitti alleen lähes koko alueen, ja sen rantaviiva sijaitsi korkeustasolla n. 100 m mpy, jossa vedenpinta pysyi n. 9400 eaa. asti, eli kyseisen järvivaiheen loppuun saakka (Anttila 2005: 41, 46, 52; Hakulinen 2009: 77). Tämän jälkeen vedenpinta laski nopeasti Yoldiameren 84–87 m mpy tasoon n. 9300 eaa. (Hakulinen 2009: 77). Vahva vedenpinnan lasku jatkui n. 8600 eaa. asti, saavuttaen silloin Saimaan altaan puolella matalimman tasonsa, n. 71 m mpy (Hakulinen 2012: 71).

Kuolimon Saimaasta erottavat Partakosken ja Kärnäkosken kynnykset olivat ennen vedenpinnan keinotekoista laskua tasolla n. 78 m mpy (Hakulinen 2006: 10), minkä perusteella voitaisiin päätellä, että matalimman veden vaiheessa Kuolimon vedenpinta olisi pysynyt samalla tasolla. Tätä näkemystä silti haastaa se tosiasia, että Rajalamminsuon turvekerroksen pohjalla on säilynyt laajoja turvetaskuja n. 2–3 metriä 78 m mpy tasoa matalammalla (Mäkilä et al. 1984: 74). Tämän johdosta päättelen veden pinnan todellisuudessa olleen myös Kuolimolla matalimmassa vaiheessaan korkeintaan näiden turpeiden tasolla, eli noin 75–76 m mpy. Tässä tapauksessa Kuolimolla olisi ollut matalimman vaiheen ajanjaksolla eri lasku-uoma, kuin nykyisin. Tällainen toistaiseksi tuntematon uoma saattaisi sijaita ehkä jossain järivialtaan luoteisosissa, minkä suuntaan Kuolimon allas, kuten koko Saimaan alueen maankamara, oli tuolloin vielä kallellaan (esim. Saarnisto 1970: liite V). On huomionarvoista, että myös Aaro Hellaakoski arveli Saimaan vesien laskeneen ennen Suursaimaan vaihetta Kuolimon läpi Mäntyharjun vesistöön (Saarnisto 1970: 8), joka sijaitsee Kuolimon äärimmäisen lounaisen osan, Hanhijärven, takana. Mikäli tämän mahdollisen uoman taso olisi ollut matalammalla kuin Rajalamminsuon alin pohjataso, olisi koko Rajalamminsuon alue saattanut olla jonkin aikaa kuivaa maata aikajaksolla n. 8800–5600 eaa., Suursaimaan 84 m mpy isobaasin rannansiirtymiskäyrän mukaisesti (Saarnisto 1970: liite VIII; Hakulinen 2012: 71). Matti Hakulinen on hiljattain tutkinut Kuolimon rannansiirtymää ja tullut myös siihen johtopäätökseen, että Kuolimo olisi ennen Suursaimaan vaihetta laskenut Mäntyharjun Kallaveteen todennäköisesti Sorvalahden ja Laulaalammen kautta (M.

Hakulinen, henkilökohtainen tiedonanto 1.10. 2017).

Tämän työhypoteesin logiikkaa seurailleen Rajalamminsuon pohjan turvetaskut olisivat voineet muodostua mesoliittisella kivilaudella. Mesoliittisen kauden kuluessa maanpinnan kallistuminen johti myös kuroutuneen Kuolimon vesien pakkautumisen kohti kaakkoa. Koska Rajalamminsuon alimpien turvetaskujen alla ei ole havaittu liejuja (Mäkilä et al. 1984: 74), on mahdollista, että kerrostumat ovat muodostuneet rantavyöhykkeelle nousevan vedenpinnan vasta saavuttaessa suon allasta. Suoalue on kuitenkin peittynyt kauttaaltaan vedellä viimeistään n. 5000 eaa. alkaen, jolloin Suursaimaan transgressio saavutti Kuolimon nykyisen kynnyksen, joka olisi luonnostaan 78 m mpy korkeustasolla (Hakulinen 2012: 71; Mikroliitti 2017). Vedenpinta jatkoi nousuaan 5000 eaa. eteenpäin saavuttaen Suursaimaan n. 84 m mpy maksimikorkeuden n. 4500 eaa, ja se pysytteli tällä tasolla Vuoksen puhkeamiseen saakka, n. 3900 eaa. (Hakulinen 2012: 71; Oinonen et al. 2014: 1422). Turvetaskujen lomassa ja osittain niiden päällä sijaitsevat hienodetritusliejujen taskut, jotka kerrostuvat tyypillisesti syvään veteen, voisivat olla peräisin puolestaan tältä ajalta. Vuoksen puhkeamisen jälkeen veden pinta jatkoi Kuolimolla laskuaan hitaasti, saavuttaen 78 m mpy kynnyksen uudelleen ajanlaskun alun tienoilla (Jussila 1996: 4; Hakulinen 2012: 71). Siitä lähtien veden pinta on pysytellyt samalla tasolla kaakkoisella Kuolimolla historialliselle ajalle asti, kunnes Kuolimon vedenpintaa laskettiin keinotekoisesti nykyiselle n. 77 m mpy tasolle (Hakulinen 2006: 10). Hypoteesini mukaan Rajalamminsuon stratigrafiakuvassa näkyvä massiivinen karkeadetrituslieju on peräisin tältä madaltuvan veden ajalta, ja suossa päällimmäisinä esiintyvät turpeet ovat syntyneet matalan järvenlahden kasvaessa umpeen, sen muodostuessa lopulta nykyiseksi rahkasuoksi.

### **3.3 Ympäristön tila ja eloperäisten aineistojen säilyminen**

Soiden sisältämien kasvipäristen aineksien hajoamisen nopeus perustuu happipitoisuuteen, happamuuteen, ravinteikkuuteen ja kasviaineksien kemialliseen koostumukseen. Hitaan hajoamisen ympäristöt ovat lähtökohtaisesti hyviä ympäristöjä

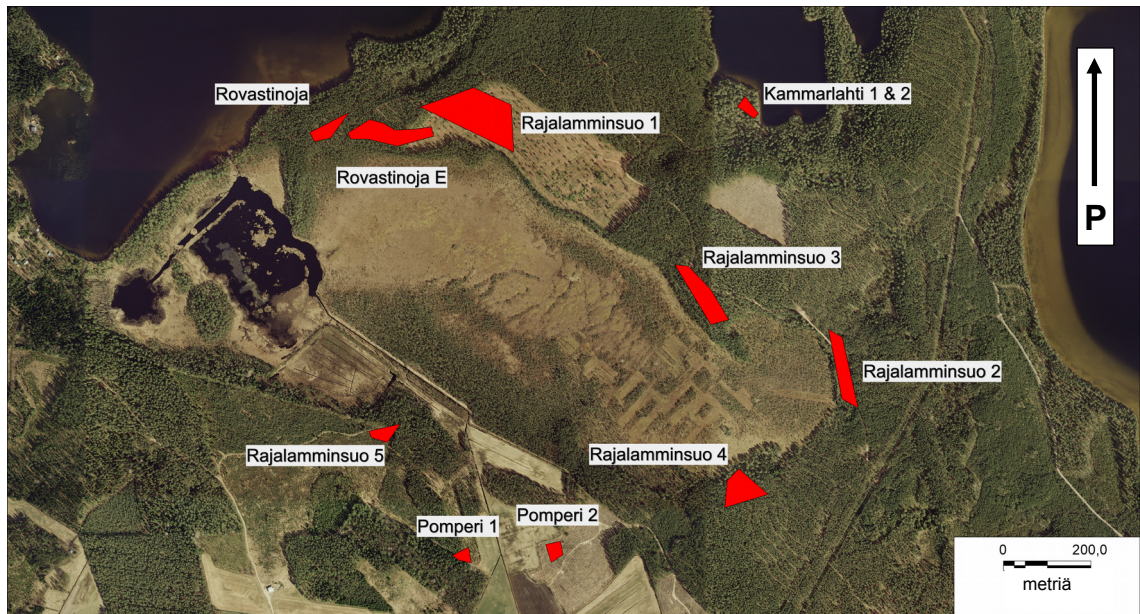
myös arkeologisen säilymisen kannalta. Soissa merkittävimpiä hajottajia ovat happea hyödyntävät bakteerit, jotka elävät pohjaveden yläpuolella. Kasvaessaan turvekerrokset sulkevat eloperäistä ainesta veden pinnan alapuolelle, joten säilymisolosuhteiden muodostumisessa on paljon kyse turpeen kasvun nopeudesta sekä toisaalta veden tason vaihteluista. (ks. Laine & Vasander 1996: 17–18)

Rajalamminsuon keskimääräinen turpeen kerrostumisnopeus on n. 0,24 mm/v (Mäkilä et al. 2013: liite 5). Etelä- ja Länsi-Suomen rahkavaltaisten soiden keskimääräinen turpeen kerrostumisnopeus on n. 0,7–0,8 mm/v (Mäkilä et al. 2013: 35), johon nähden Rajalamminsuon kerrostuminen on melko hidasta. Turpeen kerrostumisen nopeus vaihtelee soiden eri kehitysvaiheissa. Kasvilajikoostumus, maatuneisuus sekä kosteusolot ovat sille olennaisia tekijöitä, ja etenkin rahkaturvevaiheessa kerrostuminen on nopeaa, kun taas saraturvevaiheessa se hidastuu (ibid.). Rajalamminsuossa saraturpeet sijaitsevat liejujen tasolla, ja niiden yläpuolella levittäytyy paksu rahkavaltaisen turvekerros. Rajalamminsuon turpeen kerrostuminen lienee siis ollut melko nopeaa heti avovesivaiheen päätyttyä.

Rajalamminsuon etelä- ja lounaispuolilla on tehty vahvoja ojituksia, jotka laskevat jatkuvasti pohjaveden pintaa. Tämä hidastaa nykyään turpeen kasvua ja madaltaa myös laskennallisesti keskimääräistä turpeen kerrostumisnopeutta. Rajalamminsuon eteläosassa kulkee valtaoja, jonka tehtävänä on kuljettaa vettä pois suon eteläreunan takana levittyviltä pelloilta, ja lounaassa ojan on ilmeisesti tarkoitus kuivattaa maaperää metsänkasvatusta varten. Pohjaveden pinta on madaltunut myös Kuolimon keinotekoisien laskun seurauksena. Pinnan lasku näkyy osaltaan suon reunoilla lisääntyneenä puustona (kuva 6). Ojituksen lisäksi historiallisen ajan turpeennosto on muokannut Rajalamminsuon pintakerroksia. Suon itäisellä puoliskolla esiintyy suorakaiteen muotoisia turpeennostoalueita, jotka ovat tuolla alueella havaitsemieni modernien maatalouskoneiden jäännösten perusteella peräisin 1800-luvun lopulta tai 1900-luvun alkupuolelta. Turpeennoston alueet ovat nykyisin miltei saman korkuisen rahkasammaleen peitossa, kuin niitä ympäröivä suonpintakin, mutta alueet ovat ympäristöä huomattavasti vetisempiä ja siten myös puuttomia. Maankäyttöhistoriastaan huolimatta Rajalamminsuo on säilynyt suhteellisen luonnontilaisena. Suo sekä sitä



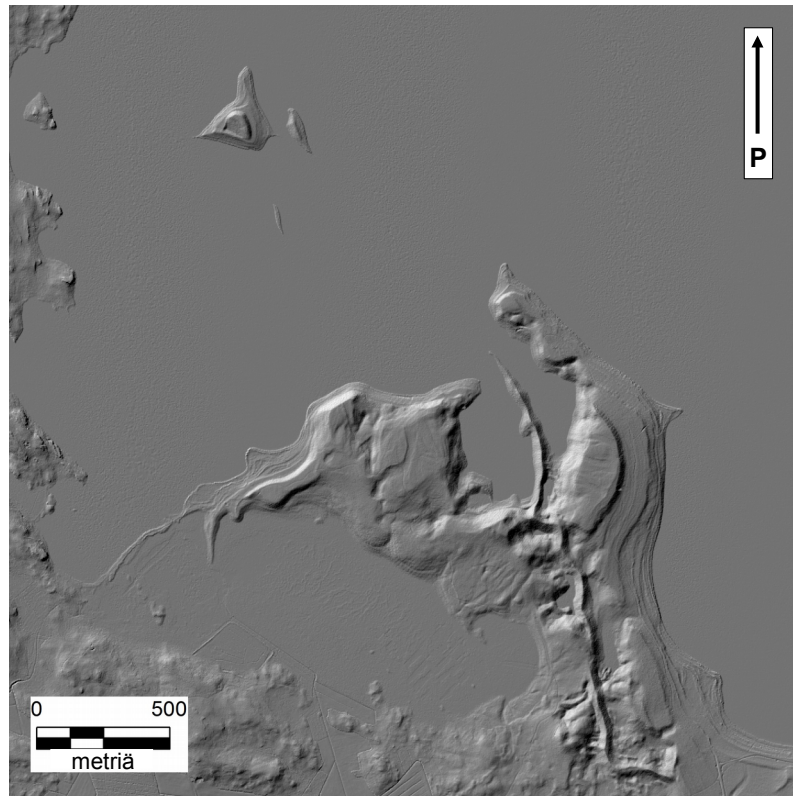
ympäröivät jäätikköjokideltat ovat nykyisin liitetty Natura 2000 -ohjelmaan, johon niitä ehdotettiin vuonna 1998 (Natura 2000 2016).



**Kuva 6.** Rajalamminsuon laskenut pohjaveden pinta on voimistanut puiden kasvua sen altaan alueella. Tausta-aineistot © MML 2016 ja © Museovirasto 2016. Kartta Juuso Koskinen.

Rajalamminsuon vallitsevat suotyypit ovat keskiosien rahkaräme, sekä reunojen tupasvilla- ja isovarpuräme (Mäkilä et al. 1984: 72–73). Suon länsiosassa on lisäksi lyhytkorsinevaa suon ympäröimän avoimen vesialueen, Rajalammin, tuntumassa (ibid.). Rahkavaltaiset suot ovat happamia (esim. Laine & Vasander 1996: 15). Matala pH-arvo voi säilöä hyvin puuta ja esimerkiksi ihmisruumiin pehmeää kudosta (esim. Babiński et al. 2007: 63 & Chapman 2015: 109), mutta tuhoaa toisaalta luuaineistot (Vorenhout 2011: 57). On myös otettava huomioon, että vettyneiden aineistojen säilymiseen vaikuttavat happipitoisuuden ja pH-arvon lisäksi monet muut hienovaraiset ja monimutkaiset kemialliset tekijät (esim. Pollard 1996; Boreham et al. 2011), joista ei Rajalamminsuon kohdalla ole tietoa. Joka tapauksessa Rajalamminsuon kerrostumissa on melko vähän pitkälle hajonneita turpeita ja huonosti maatuneita turvetaskuja on havaittu myös aivan suon mineraalipohjan tasossa (Mäkilä et al. 1984: 74). Rajalamminsuon stratigrafiassa on siis säilynyt kasviperäisiä geologisia kerrostumia käytännössä kaikilla syvyyksillä, joten myös arkeologisten, *kasviperäisten* aineistojen kohtalainen tai jopa hyvä säilyminen suon eri syvyyksillä on tämän perusteella täysin mahdollista.

### 3.4 Alueen geologiset piirteet ja korkeusmallintaminen



**Kuva 7.** Rajalamminsuon monipuolinen topografia tulee hyvin näkyville alueen vinovalovarjosteessa. Tausta-aineisto © MML 2016. Kartta Juuso Koskinen.

Rajalamminsuon ympäristö on hyvin jyrkkäpiirteistä. Sen pohjois- ja itälaidoilla vallitsevana maastomuotona levittäytyy Toiseen Salpausselkään liittyvä jäätikköjokidelta jyrkkine harjuineen ja laajoine suppamuodostumineen (kuva 7). Itse Toinen Salpausselkä levittäytyy lounais-koillissuuntaisesti Rajalamminsuolta n. 5 kilometriä kaakkoon. Suon ympäristön hiekkaharjut ovat syntyneet sulamisjokien kerrostamina, jäätikön vetäytyessä Toisen Salpausselän moreenimuodostumalta kohti luodetta (ks. Anttila 2005: liite 1). Harjujen alueella on havaittu jopa 6–7 hyvin muodostunutta muinaisrantaterassia (Anttila 2005: 57).

Rajalamminsuon geologinen ympäristö on mallintamisen kannalta sekä edullinen että haasteellinen. Rajalamminsuon pohja sekä suon ympäristössä levittäytyvä hiekkamaa ovat geologisen stratigrafian kannalta yhtä ja samaa kerrostumaa. Sovellettu korkeusmalli rakennetaan yhdistäen GTK:n turvekairausten pohjakorkeuksia suota

ympäröivän maanpinnan ilmalaserkeilauspisteisiin. Rajalamminsuon pohjan ja sitä ympäröivän maanpinnan geologinen vastaavuus tekee myös näistä kahdesta aineistotyypistä yhdistämiskelpoisia, mikä on olennaista mallin todenmukaisuuden kannalta. Jyrkkien muotojensa myötä Rajalamminsuon reuna erottuu myös selkeästi ilmalaserkeilauskuvassa, mikä helpottaa mallin työstämistä suon aluetta rajattaessa. Toisaalta Rajalamminsuon kokonaistopografia asettaa vaihtelevuudessaan mallinnukselle huomattavan haasteen. Tutkimani menetelmä perustuu splini-mallinnukseen (Latvakoski 2014: 35). Siinä harvojen tunnettujen pisteiden kautta piirretään pehmeästi kaartuva linja, jonka esikuva on taipuisassa viivottimessa (engl. *spline*), jollaista maanmittaajat käyttivät interpoloinnissa ennen tietokoneiden aikakautta (Burrough & McDonnell 1998: 118–120). Tietokoneilla tapahtuva interpolointi perustuu matemaattiseen algoritmiin, joka toistaa viivottimen taipumisen luonnollista logiikkaa (ibid.). Menetelmä sopii siis pinnoille, joiden voidaan olettaa olevan kauttaaltaan vailla jyrkkiä korkeusprofiilin muutoksia (Latvakoski 2014: 35). Rajalamminsuon pohja on matala ja melko tasainen, mutta sitä reunustavat jyrkkäpiirteiset sekä korkeat harjut. Kuten ympäristön kuivalla maallakin, suon pohjalla saattaa esiintyä lisäksi yllättäviä suppia ja painaumia. Näiden geologisten muotojen yhdistelmä on algoritmien matemaattiseen johdonmukaisuuteen perustuvalle mallintamiselle hankala tekijä, mikä tuo menetelmän virhetaipumukset monipuolisesti esille. Myös Latvakoski on korkeusmallien tarkasteluissaan pannut merkille, että suon jyrkät reunat ja suuret korkeuserot aiheuttavat vääristymiä malleihin (2014: 33, 49, 56). Näen, että nämä mallintamisen haasteet hyödyttävät menetelmätutkimustani, jossa toimivan mallinnuksen ehtoja on tarkoitus selvittää ja saada virhelähteitä esille.



## **4. Tutkimusaineisto - Rajalamminsuon altaan malli**

Sovellettu korkeusmalli on kolmiulotteinen georeferoitu paikkatietoaineisto, joka esittää suon altaan muotoja ilman sen eloperäisiä kerroksia. Malli muodostetaan GTK:n turvetutkimuksen syvyystietojen sekä Maanmittauslaitoksen (MML) ilmalaserkeilausdatan pohjalta hyödyntäen näitä aineistoja kohteelle sopivalla tavalla. Malli ei ole tarkka kuvaus todellisesta suonpohjan topografiasta, mutta sen avulla voidaan rajata muinaisrantojen mahdollisia sijaintialueita nykyisen suon alueelta. Mallinnusmenetelmä on mahdollisimman yksinkertainen, jotta sitä voitaisiin soveltaa myös tutkimuskohteelta toiselle. (Latvakoski 2014: 28–42)

Samankaltaista mallinnusta on tehty jonkin verran myös kansainvälisen arkeologian kentällä sekä suomalaisen geologian piirissä. Kosteikon pohjan splini-mallintamista on tarkasteltu esimerkiksi arkeologisten kohteiden sijaintia ennustavan paikkatietomenetelmän tukena (Chapman & Gearey 2002). Niin ikään kosteikon pohjamallia on hyödynnetty maisema-arkeologisessa tutkimuksessa esimerkiksi suoruumiiden topografisen sijoittumisen ymmärtämiseksi (Chapman 2015). Suomessa geologit ovat puolestaan aikaisemmin kokeilleet samankaltaista interpolointiin perustuvaa suon syvyysalueiden mallintamista turvemäärien selvittämiseksi (Laatikainen et al. 2011: 60–124). Latvakosken pro gradu -työ on silti parhaan tietoni mukaan ainoa tutkimus, missä interpolointiin perustuvaa suon pohjan mallinnusta tarkastellaan Suomessa arkeologisesta näkökulmasta. Lisäksi hänen työssään hyödynnetään laserkeilausaineistoa, mikä myös erottaa mallinnusmenetelmän muista tuntemistani suon pohjan mallinnusmenetelmistä.

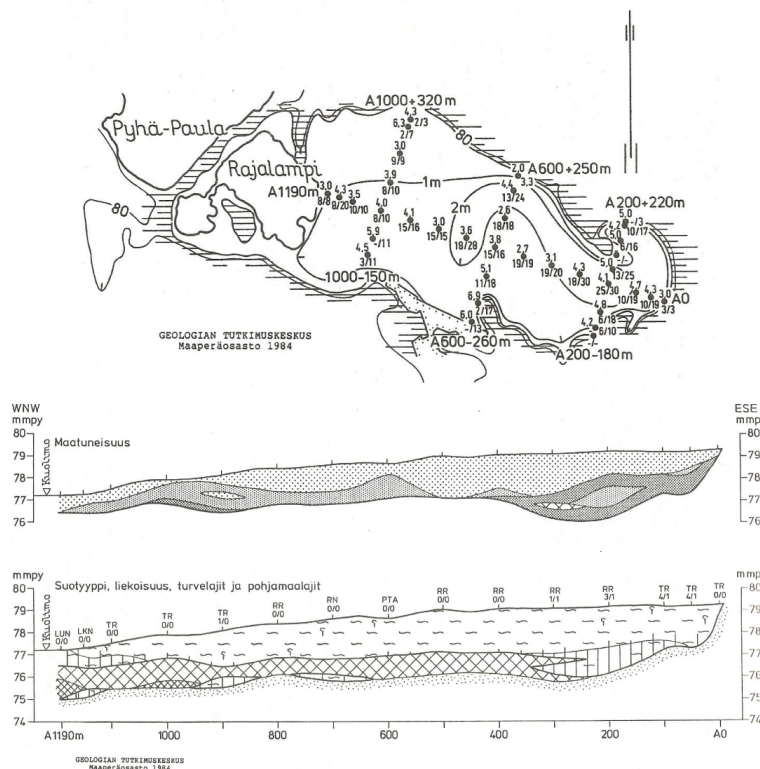
### **4.1 Mallin lähtöaineistot**

Rajalamminsuon sovelletussa korkeusmallissa käytetään kahta erilaista spatiaalista lähtöaineistoa: MML:n tuottamaa ilmalaserkeilausdatan .laz-pistepilveä sekä GTK:n .xlsx-taulukkoa, jossa on lueteltuna Rajalamminsuon turvevaratutkimuksen kairaustiedot x, y ja z -koordinaatteineen. Pistepilvitiedostoja voi ladata maksutta

MML:n avoimien aineistojen latauspalvelusta (<https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta>). GTK puolestaan jakaa turvevarakairauksien koordinaattitietoja ilmaiseksi opinnäytetöitä varten ja muutoin laitos antaa niitä käyttöön maksua vastaan. GTK on tehnyt turvevaratutkimuksia useiden vuosikymmenien ajan, ja Suomen soiden kairaustietoja on talletettu runsaasti. Tutkimuksien raportit ovat julkisia, ja niitä löytyy esimerkiksi yliopistojen kirjastoista sekä GTK:n Hakku-palvelusta (<https://hakku.gtk.fi/fi/reports>). Raporteissa ei ole mainittu kairausten yksityiskohtaisia koordinaattitietoja, mutta niiden stratigrafiapiirroksista saa havainnollista lisätietoa, joka osaltaan tukee mallintamisprosessia sekä etenkin mallintamisen arkeologisen hyödyn alustavaa arviointia. Sovelletun korkeusmallin lähtöaineistoja on siis tuotettu runsaasti Suomen soista ja ne ovat myös helposti saatavilla, joskin ne ovat osittain maksullisia.

Mallin perustana käytetty .laz-pistepilvi edustaa MML:n tuottamaa ilmalaserkeilausaineistoa, jossa korkeustarkkuuden keskivirhe on enintään 15 cm yksiselitteisillä kohteilla ja tasotarkkuus enintään 60 cm. Sen laserimpulssin jalanjälki on maastossa n. 60 cm. Keilaus on suoritettu n. 2000 m korkeudesta ja keilauslennon avauskulma on +/- 20 °. Aineiston pikselikoko on 0,5 pistettä/m<sup>2</sup>. Koordinaattijärjestelmänä on ETRS-TM35FIN ja korkeusjärjestelmänä N2000. (Maanmittauslaitos 2016; 2016b.) Teoriassa ilmalaserkeilausta voidaan tehdä jopa 100 pistettä/m<sup>2</sup> tiheydellä (Opitz 2013: 17), ja esimerkiksi Suomen kuntaliitto on tuottanut keilausaineistoa, jonka pistetiheys on n. 20 pistettä/m<sup>2</sup> (Kuntaliitto 2017), eli se on huomattavasti tarkempaa, kuin tässä tutkielmassa käytetty aineisto. Tarkemmat aineistot eivät kuitenkaan ole yleensä avoimessa käytössä, kuten MML:n tuottama aineisto. Avoimen aineiston helppo saatavuus tekee sovelletusta korkeusmallista laajakäyttöisen, minkä vuoksi katson hyödylliseksi tutkia mallin toimivuutta hieman pienemmän resoluution aineistolla.

Työssäni käytetty GTK:n turvevara-aineisto on tuotettu niin sanotulla linjaverkostomenetelmällä, joka on ollut turvevaratutkimuksien pääasiallinen menetelmä vuodesta 1941 lähtien (Laatikainen et al. 2011: 7). Menetelmässä suon alueelle muodostetaan harva tutkimuslinjasto, jonka n. 50–100 m välein sijoitetuista



**Kuva 8.** Rajalamminsuon turvevaratutkimuksen piirroksat (Mäkilä et al 1984: 73, 74). Yllä linjaverkoston sijoittautuminen suon alueelle. Alla selkälänjan profilikartat. Merkkien selitykset liitteessä I. © GTK 1984.

kairauspisteistä  
selvitetään suon  
geologinen stratigrafia  
turve- ja maalajeineen  
(kuva 8). Koska keskityn  
tutkimuksessani  
ainoastaan suon pohjan  
muotojen mallintamiseen,  
tarvitaan GTK:n  
aineistosta  
tasokoordinaattien lisäksi  
ainoastaan pohjan  
korkeuslukemia muun  
stratigrafisen tiedon  
jäädessä toissijaiseksi.  
Taulukkotiedostona  
saadussa kairausdatassa

tutkimuspisteiden tasokoordinaatit on ilmoitettu ETRS-TM35FIN-järjestelmässä ja korkeustieto N2000-järjestelmässä, kuten MML:n laserkeilausaineistossakin.

## 4.2 Mallin muodostaminen

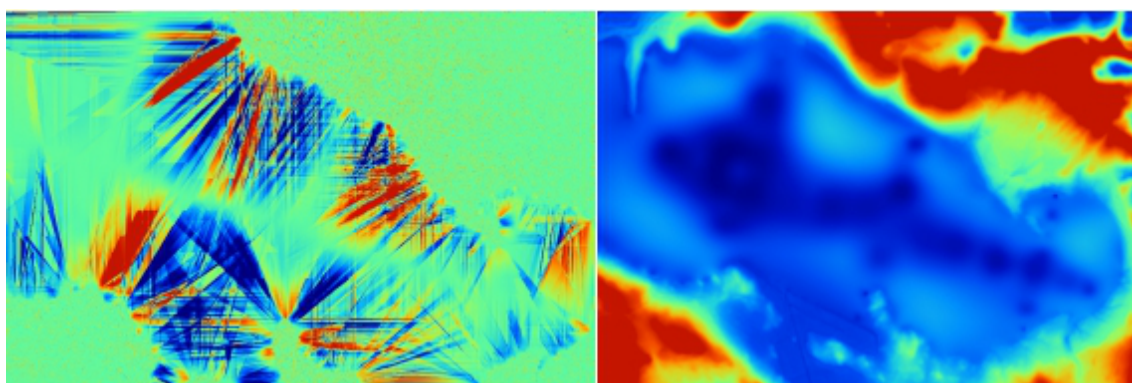
Käytin työssäni kolmea seuraavaa paikkatieto-ohjelmaa: ArcMap 10.2.1, SAGA 2.2.7. ja MapInfo Professional 11.5 (kuva 9). ArcMapilla tein suoalueen rajauksen sekä työstin pistepilviaineistot shape-muotoon. SAGA:lla suoritin lopuksi varsinaisen interpoloinnin. MapInfoa käytin lähinnä joidenkin tiedostomuotojen muuttamiseen.

Onnistuneen mallin rakentaminen vaati aluksi yrityksiä ja erehdyksiä. Epäonnistuneissa sovituksissa esiintyi sellaisia vahvoja muotoja, jotka olivat selvästi geologisen tiedon vastaisia, ja suon ala saattoi täyttyä esimerkiksi säikeenomaisista korkeusaloista. Toisaalta interpolointi saattoi noudatella liikaa linjaverkoston muotoja. Tällöin

kairausten linjat muodostivat muusta suon pohjasta matalampina erottuvia kanavia ja tutkimuspisteiden kohdille piirtyi kuoppia (kuva 10). Ensimmäisen geologisesti uskottavan mallin asetukset sain tietooni Niko Latvakoskelta (henkilökohtainen tiedonanto 15.12. 2015), ja kyseinen sovitus jäi myös tutkielmani lopulliseksi versioksi. Mallin rakentaminen epäonnistumisineen kesti melko kauan, sillä suuria pistemääriä sisältävien tiedostojen prosessointi vaati tietokoneelta paljon laskuaikaa, mikä myös osaltaan haastoi mallin valmistamista aikataulussaan.

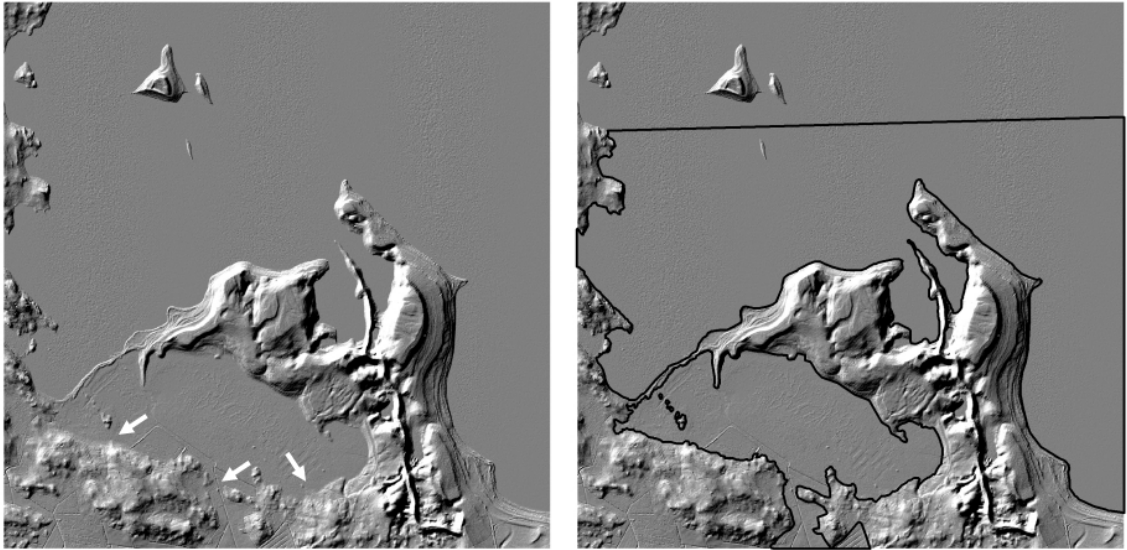
<i>Vaihe</i>	<i>Ohjelma</i>
<b>Tiedostomuotojen muuntaminen</b>	MapInfo (Universal translator), ArcMap (LAStools) ja SAGA
<b>Suoalueen raja</b>	ArcMap
<b>Aineistojen yhdistäminen</b>	ArcMap
<b>Interpolointi</b>	SAGA

**Kuva 9.** Mallinnuksessa käytetyt paikkatieto-ohjelmat.



**Kuva 10.** Epäonnistuneet mallisovitukset. Värierot kuvaavat korkeuseroja, jotka ovat hyvin luonnottoman muotoisia. Tausta-aineisto © MML 2016. Mallinnus Juuso Koskinen.

#### 4.2.1 Suoalueen rajaus



**Kuva 11.** Mallinnusalueen rajaus. Vasemmalla on tutkimusalueen laserkeilausaineiston vinovalovarjoste, jossa valkoiset nuolet osoittavat vaikeasti erottuvia suon reunan kohtia. Tyhjennettävät mallinnusalueet näkyvät oikeanpuoleisessa kuvassa mustilla monikulmioilla rajattuina. Järvialueen monikulmion yläpuolisen alueen ylimääräinen pistemassa poistettiin myöhemmin tietokoneen laskenta-ajan säästämiseksi. Tausta-aineisto © MML 2016. Kuvat Juuso Koskinen.

Mallin rakentaminen aloitetaan suon reunoja noudattelevan monikulmion piirtämisellä. Sen tehtävänä on rajata myöhemmissä vaiheissa malliin korkeustietotyhjiö, johon varsinainen pohjamuodon mallinnus muodostetaan (kuva 11). Avasin Rajalamminsuon alueen 2 m laserkeilauskorkeusmallin ArcMapilla ja säädin sen hillshade- eli viistovalotoimintoa siten, että suon reunat tulisivat mahdollisimman hyvin esille. Tämän jälkeen piirsin erilliseen tasoon suon ääriviivaa myötäillen monikulmion. Kohdissa, joissa viistovalotoiminto ei tuonut reunaa kunnolla esiin, käytin apuna muita alueen paikkatietoaineistoja, kuten ortoilmakuvaa ja peruskarttaa. Rajasin suon eteläpuolella olevan peltoalueen mukaan mallin tyhjään alaan, sillä ennen ojitusta se on ollut osa suota ja näin ollen myös esihistoriallista vesistöaluetta. Lisäksi menetelmää kehittävässä tutkimuksessa on hyvä saada vertailuaineistoa myös alueelta, josta ei ole turvetutkimuspisteitä, joten peltoalueen sisällyttäminen mallin ennustealaan oli hyödyllistä tältä kannalta. Peltoalueen reunat piirtyivät esiin osittain vahvoina ojituksina, joita myötäillen rajasin mallia. Huonosti erottuvat kohdat piirsin tässäkin ilmakuvaan ja peruskartan tuella. Laadin suon ja pellon rajauksen lisäksi toisen monikulmion, jolla erotin Kuolimon vesialueen pois mallista, jottei nykyaikaisen

vedenpinnan korkeus vaikuttaisi myöhempiin mallinnusvaiheisiin. Suon länsipäässä sijaitsi myös muutamia vallitsevaa pintaa korkeampia saarekkeitä, jotka rajasin kuivaksi maaksi.

#### 4.2.2 Aineistojen yhdistäminen



**Kuva 12.** Linjaverkoston kairaukset ja suota ympäröivät laserkeilauspisteet yhtenäisenä shape-tiedostona. Kuivan maan alueet erottuvat mustina johtuen runsaasta pistemassasta. Tausta-aineistot © MML 2016 ja © GTK 2016. Kuva Juuso Koskinen.

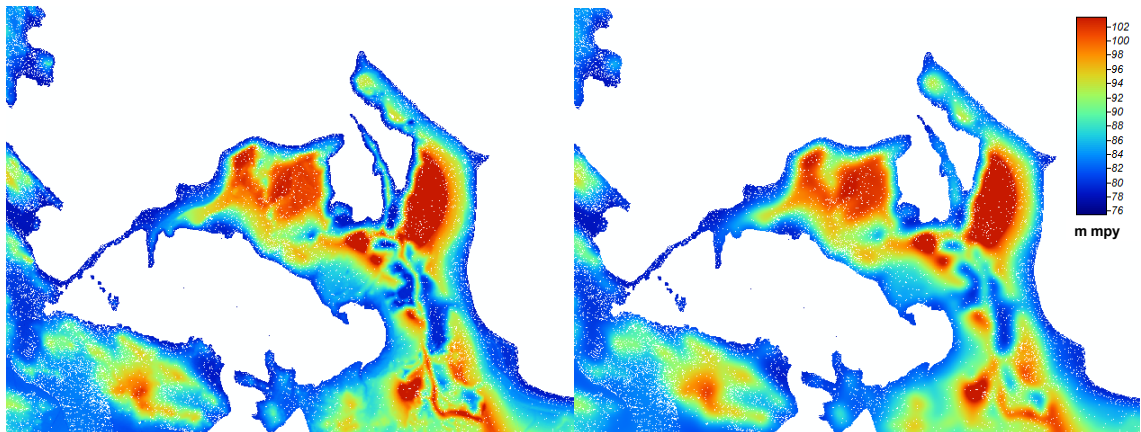
Seuraavassa vaiheessa muokkasin laserkeilaus-aineistosta ja GTK:n linjaverkoston tutkimuspisteistä yhdistetyn tiedoston muodostaakseni valmiin aihion varsinaista interpolointia varten. Aluksi muunsin .laz-muotoisen laserkeilauksen pistepilven .las-muotoon ArcMapin LAStools-lisätyökalulla. Tämä oli tarpeellista, sillä ArcMap ei lue .laz-muotoisia tiedostoja. Poistin .las-pistepilvestä ylimääräiset osiot, kuten puut ja matalan kasvuston korkeuspisteet

siten, että jäljelle jäivät ainoastaan maan- ja vedenpintaa edustavat korkeuspisteet. Vesialueen pisteet tulivat mukaan siksi, että käyttämässäni .las-tiedostossa myös vedenpinnan korkeutta edustavat pisteet oli koodattu maapisteiksi. Poistin ne silti mallista seuraavissa vaiheissa. Puusto- ja aluskasvillisuuspisteiden suodatuksen jälkeen muunsin .las-tiedoston .shp-muotoon LAStools-sovelluksen las2shp-toiminnolla, jotta sen yhdistäminen GTK:n .shp-muotoisiin korkeuspisteisiin olisi mahdollista. Poistin myös tiedostosta kaiken pohjoisosan pistemassan, joka sijaitsi niin etäällä, ettei sillä olisi vaikutusta Rajalamminsuon alueen interpolointiin. Tällöin tiedosto pieneni ja mallin prosessoinnin seuraavat vaiheet eivät vaatineet tietokoneelta ylimääräistä laskenta-aikaa. Tämän jälkeen avasin samaan työtilaan aiemmin piirtämäni suo- ja järviolueiden monikulmiot. Valitsin *selection by location* -työkalulla laserkeilauksen .shp-tiedostosta kaikki pisteet, jotka sijaitsivat suorajauksen sisäpuolella ja poistin ne. Tein samoin myös Kuolimon vedenpintaa edustaville pisteille.



Seuraavaksi siirryin laatimaan GTK:n kairautiedoista mallinnuskelpoista tiedostoa. Tein kairautietojen .xlsx-tilukosta sovituksen, missä esiintyivät pelkät x, y ja z-koordinaattien sarakkeet. Avasin taulukon MapInfolla ja loin sen tiedoista kairauslinjastoa edustavan .tab-tiedoston. Muunsin tiedoston .shp-muotoon Universal Translator -työkalulla, jotta se voitaisiin yhdistää aiemmin työstettyyn mallinnusaineistoon. Seuraavaksi avasin ArcMapilla kairauslinjaston tiedoston samaan työtilaan laserkeilausaineistosta muokatun shape-tiedoston kanssa, josta suo ja vesialueet oli poistettu. Liitin tiedostot yhteen *merge*-työkalulla (kuva 12), minkä jälkeen malli oli valmis lopullista interpolointia varten.

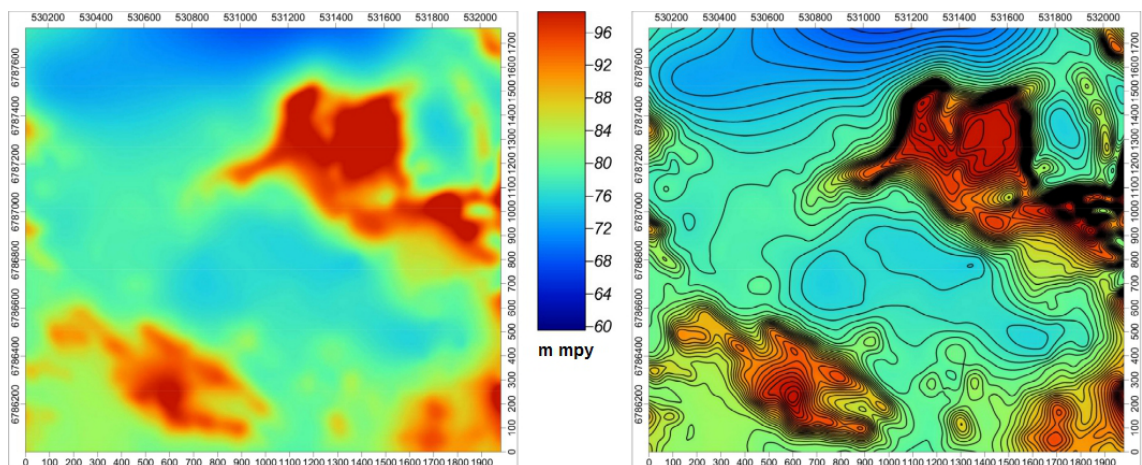
#### 4.2.3 Interpolointi



**Kuva 13.** Malli muutettuna rasteri-muotoiseksi grid-tiedostoksi ennen interpolointia. Vasemmalla grid-tiedosto sellaisenaan, oikealla gaussian filter -työkalun pehmentämänä. Linjaverkoston pisteet ovat niin pieniä, etteivät ne erotu kuvassa. Tausta-aineistot © MML 2016 ja © GTK 2016. Mallinnus Juuso Koskinen.

Mallin valmistamisen loput työvaiheet suoritettiin SAGA-ohjelmalla. Muunsin yhdistetystä .shp-tiedostosta rasterimuotoisen *4 byte floating point* .sgrid -tiedoston *shapes to grid* -työkalulla. Grid-tiedosto on muodoltaan sellainen, johon haluamaani interpolointityökalua on mahdollista soveltaa. Asetin tiedoston ruutukooksi 2 m, jotta se noudattaisi Suomessa yleisesti käytössä olevaa 2 m korkeusmallia. Tasoitin mallin pienialaisia mutta teräviä korkeusvaihteluja *gaussian filter* -työkalulla (kuva 13). Määritin työkalun *standard deviation* -parametrin 10:ksi ja *search radius* -parametrin

20:ksi, jättäen muut asetukset oletusarvoiksi. Latvakoski oli katsonut työssään *gaussian filter* -työkalun käytön välttämättömäksi vaiheeksi järkevien interpolointien tuottamisessa, sillä suon reunojen terävät ja pienialaiset korkeuserot olivat aiheuttaneet interpoloidessa selviä virheitä ja ylilyöntejä (2014: 36). Omien kenttävaiheen jälkeisten kokeilujeni perusteella *gaussian filter* -työkalun asetukset olivat kuitenkin merkittävimmät yksittäiset mallinnusvirheen aiheuttajat, ja varteenotettavaksi vaihtoehdoksi muodostui jättää työkalun käyttö kokonaan pois. Käsittelen asiaa tarkemmin luvussa 6.1. Piirteiden tasoittamisen jälkeen interpoloin tiedoston *close gaps with spline* -työkalulla, jolloin mallin tyhjille alueille syntyi korkeusmalli. Asetin työkalun *maximum points* ja *number of points for local interpolation* -parametrit kunkin 100 000:ksi jättäen muut lukemat oletusarvoiksi. Oletusarvoja huomattavasti suuremmat parametrilukemat, sekä *gaussian filter* että *close gaps with spline* -työkalujen kohdalla, ovat tarpeellisia johtuen mallinnettavien alueiden laajuudesta. Samalla ne ovat mallinnuksen lopputulokseen vahvasti vaikuttavia parametreja. Liitteessä II vertaillaan asetusten vaikutusta mallin lopputuotokseen uusien malliversioiden avulla. Tässä tutkielmassa käsitelty ja kenttätöin koeteltu valmis malli on esitetty kuvassa 14.



**Kuva 14.** Valmis malli. Tyhjille alueille on muodostettu korkeusmalli. Oikealla olevassa kuvassa malliin on lisätty korkeuskäyrät 1 m välein. Kuvien ala- ja oikeassa reunassa on mittakaava metreinä. Ylä- ja vasemmassa reunassa puolestaan ETRS-TM35FIN -koordinaatit. Tausta-aineistot © MML 2016 ja © GTK 2016. Kuvat Juuso Koskinen.



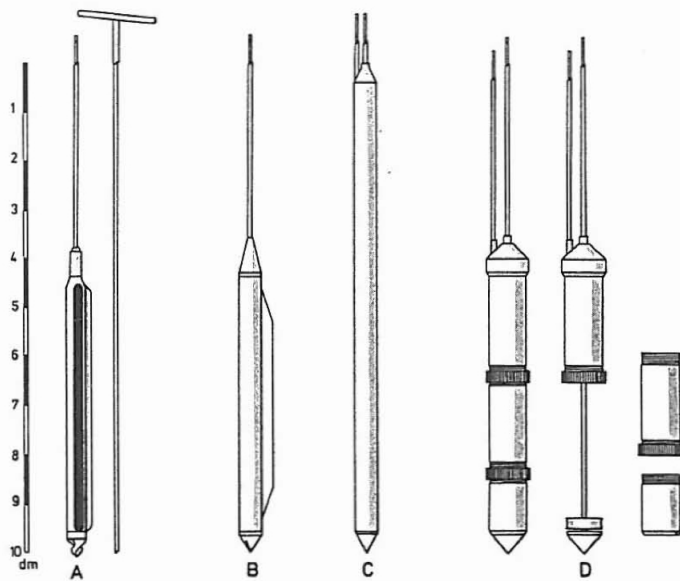
## 5. Kenttätöyt ja niiden tulokset

Kenttätöövaiheen geologiset kairaukset ja maatumittaukset haluttiin sijoittaa tutkittavalle suolle siten, että sovelletun korkeusmallin ennustekykyä koeteltaisiin sekä kokonaisvaltaisella että toisaalta yksityiskohtaisella tasolla. Kenttätutkimuksissa käytettiin kolmea eri menetelmää: 1. *syvyyskairauksia*, 2. *maatumista* ja 3. *stratigrafisia kairauksia*. Kaikki nämä menetelmät tuottivat vastauksia kolmeen tutkimuskysymykseeni (ks. luku 1.2). Syvyyskairausten tehtävänä oli pääasiassa tuottaa tietoa mallinnuksen laaja-alaisesta ennustekyvystä ja maatumilla haluttiin tutkia etenkin mallin vastaavuutta suon pohjan pienialaisten piirteiden kanssa. Stratigrafisilla kairauksilla haluttiin puolestaan tutkia etupäässä Rajalamminsuon 2 -asuinpaikan mahdollista jatkumista suon puolelle, mikä antaisi hyödyllistä lisätietoa arvioitaessa etenkin mallinnuksen käyttöä arkeologisen suojelun apuna. Rajalamminsuon 2:n tämän hetkinen suojelualueen raja ei ulotu suolle, mutta on melko todennäköistä, että myös geologisen suon alalla voi olla kohteeseen liittyvää arkeologista aineistoa. Onnistunutta mallia voitaisiin käyttää apuna arvioitaessa kohteen suolle ulottuvaa suojelurajasta. Tieto suokerrostumien arkeologisista aineistoista ja havainnoista sekä niiden stratigrafisista suhteista tukee mallin hyödyllisyyden arviointia.

Kenttätöitä tehtiin 11.–15.7.2016. Syvyyskairauksia tehtiin kolmen hengen työryhmällä, johon kuuluivat allekirjoittaneen lisäksi arkeologian opiskelijat Johanna Roiha ja Taika-Tuuli Kaivo. Maatumuksen ajaksi tutkimusryhmäämme liittyi suometsätieteen professori Harri Vasander sekä arkeologit Satu Koivisto, Wesa Perttola ja Niko Anttiroiko. Kairauksia tehtiin 11.–13.7. ja 15.7. sekä maatumista 13.–14.7. Etelä-Karjalan ammattikorkeakoulun geofysiikan asiantuntija Sami Kurkela vieraili myös seuraamassa maatumittauksia.

### 5.1 Syvyyskairaukset

Mallinnetun suon alalle tehtiin yhteensä 25 syvyyskairausta, joilla tutkittiin suon pohjan todellista korkeusasemaa. Syvyyskairauspisteitä sijoitettiin suon erilaisiin kohtiin, jotta



**Kuva 15.** Suomessa paljon käytettyjä turvekairoja. A: Hiller-kaira, B: venäläinen kaira, C: mäntäkaira, D: tilavuustarkka mäntäkaira. Tutkimuksessani käyettiin pientä venäläistä kairaa. Kuva Lappalainen et al. 1984: 11, © GTK 1984.

mallia koeteltaisiin mahdollisimman monipuolisesti. Pohjan korkeus haluttiin selvittää sekä läheltä tunnettuja korkeuspisteitä että kaukana niistä. Näin saatiin tietoa siitä, miten mallin ennustekyky muuttuu etäisyyden kasvaessa tunnettuihin korkeuspisteisiin. Etäisyyden vaikutusta ennustekykyyhin haluttiin tosin sanoen havainnoida suhteessa mallinnuksen kahteen erilaiseen lähdeaineistoon,

laserkeilausdataan ja turvevaratutkimuksen suonpohjan korkeustietoihin. Tämän vuoksi osa kairauksista sijoitettiin lähelle suon reunoja eli laserkeilauspisteiden tuntumaan, ja osa lähelle turvevaratutkimuksen linjaverkostoa sekä osa myös etäälle näistä kummastakin. Kairauspisteitä sijoitettiin myös malliin piirtyneiden syvänteiden kohdalle, jotta saataisiin tietoa sen ennustamien jyrkähköjen pohjamuotojen todennukaisuudesta. Muutamit syvyyskairauspisteet taas asetettiin lähelle toisiaan tuodakseen esille sitä, kuinka malli onnistuu ennustamaan verrattain pienialaista korkeusvaihtelua. Otoksen tilastollinen edustavuus on suppeahko, koska aikaa ja muita resursseja ei ollut laajempaa kairaussarjaa varten.

Syvyyskairaukset tehtiin pienellä venäläisellä suokairalla (kuva 15) Teräsvalmisteisen kairan näyteosan, eli kannun ulkohalkaisija on 3,1 cm ja ulkokorkeus 55 cm. Kannun sisähalkaisija on 2,5 cm ja korkeus 50 cm. Sen alapuolinen kärki on korkeudeltaan 4,7 cm. Näytteen kannuun sulkevan laipan, eli siiven, leveys on 5,7 cm. Syvyyskairaukset suoritettiin työntämällä kaira kerralla suon pohjaan saakka. Kivennäispohjan syvyys mitattiin rullamitalla näytteessä havaitun hiekan yläpinnasta (kuva 16) kairan varteen, vedenpinnan kohdalle, teipattuun merkkiin ulottuen. Mittauksen nollasyvyudeksi



**Kuva 16.** Syvyyskairauksen pohjanäytettä dokumentoidaan. Suon kivennäispohja erottuu vaaleampana kerrostumana näytekanavan alapäässä oikealla. Kuva Juuso Koskinen.

määritettiin suon pohjaveden pinnankorkeus, koska sen todettiin olevan vakaampi ja vertailukelpoisempi nollataso verrattuna suon poimuilevan sammalpeitteen pintaan, joka painui mittauspisteellä astellessa. Syvyyskairauksien tulokset laskettiin jälkitöissä vähentämällä kivennäispohjan syvyys laserkeilauksen ilmoittamasta korkeudesta kairauspisteen kohdalla. Laserkeilauksen korkeusarvo määritettiin siten, että kairauksen koordinaattipisteen ympäriltä laskettiin keskiarvo kaikille 3 m säteellä sijaitseville laserkeilauksen maapisteille paikkatieto-ohjelmaa käyttäen. Säteen mitta perustui käytössä olleen GPS-paikantimen tasopaikannuksen tarkkuuteen. Garmin Oregon 600 -laitteella tarkkuus on 95% todennäköisyydellä parempi kuin 3 m WAAS toiminnon ollessa käytössä (Garmin 2016). Tarkkuus-GPS-paikanninta ei ollut saatavillamme syvyyskairauksien kenttävaiheessa, eikä vaaituskoneen käyttö tullut kyseeseen aikataulusyistä. Laserkeilauksen korkeusarvot kuvaavat sammalpeitteen pintaa, kun taas syvyyskairausten nollapisteenä käytetyn suon pohjaveden pinta alkoi tästä n. 30 cm alempana. Sen vuoksi syvyyskairauksien tuloksiin on lisätty korkeutta 30 cm. Syvyyskairauksien näytteet dokumentoitiin kuvaamalla ja muistiinpanoin, mutta niitä ei otettu talteen.

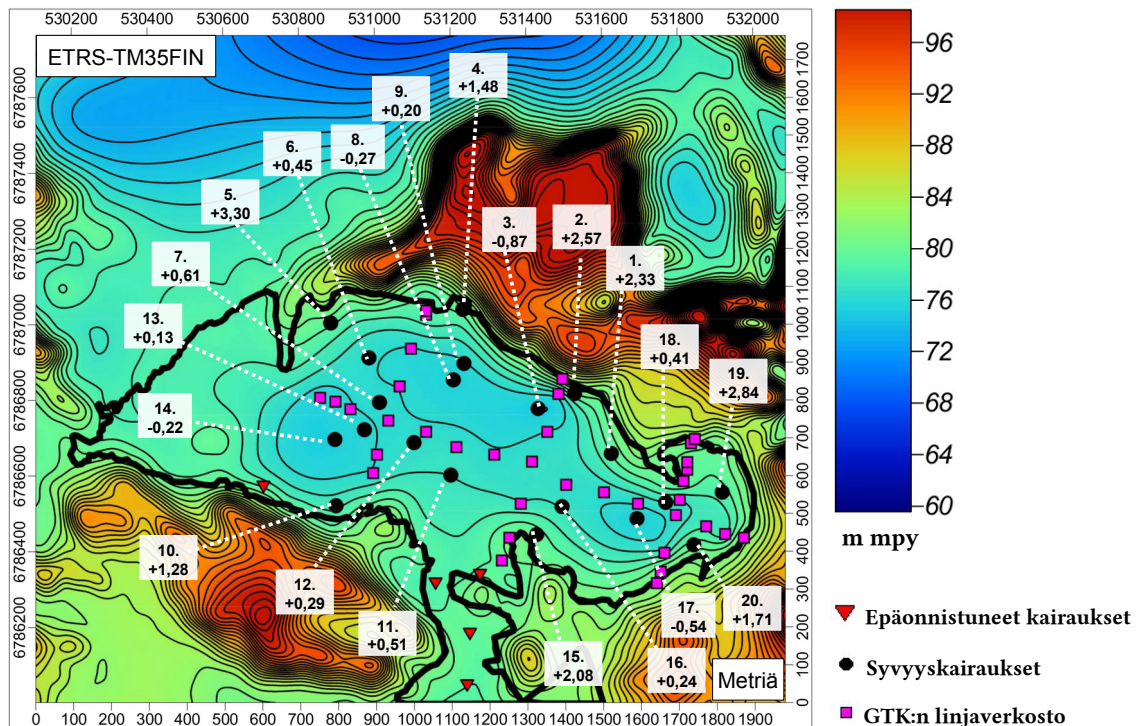
Joissain tapauksissa näytteessä ei erottunut selvää rajaa pohjan kivennäismaan ja turpeen välillä. Tällöin pohjan syvyys laskettiin kuitenkin näytekannun alareunan kohdalta, eli n. 4,7 cm kairan äärimmäisen kärjen yläpuolelta. Kivennäisaines oli näissä tapauksissa sekoittuneena pohjan eloperäiseen ainekseen ja todettavissa näytteen alaosasta vain sormin kosketellen tai suussa tunnustellen, professori Vasanderin ohjeen mukaisesti. Kyseisissä kairauspisteissä voimme kuitenkin olettaa kairan kärjen osuneen suon geologiseen pohjaan, sillä kaira ei uponnut suuresta voimankäytöstä huolimatta syvemmälle. Kyseisissä kohdin otettiin varmistuskairauksia ensimmäisen näytteen vierestä, jotta voitiin varmistaa, ettei kärki pysähtynyt esimerkiksi turpeen peittämään kantoon tai puunrunkoon. Kairan osuessa kiveen kuului tunnusomainen ääni sekä työntöliikkeen äkkipikainen pysähtyminen, kun taas kairan pysähtyessä tiiviiseen pohjamaalajiin työntöliike lakkasi hyytymällä. Kiviä todettiin olevan suon pohjalla vain kerran, sen äärimmäisessä itäpäässä, ja sielläkin vain yhden kairauksen kohdalla, jonka vierestä luonnollisesti otettiin uusi käyttökelpoinen kairaus.

Näkemykseni mukaan oman tutkimukseni syvyyskairaukset ovat vertailukelpoisia GTK:n kairausten kanssa. Voimme olettaa vuonna 1981 suoritettujen tutkimusten tehdyn myös käsikäyttöisellä ja motorisoimattomalla kairausmenetelmällä (M. Laatikainen, henkilökohtainen tiedonanto 14.12.2016), vaikka tarkkaa kairausmenetelmää ei ole turvevaratutkimuksessa mainittu (Mäkilä et al. 1984: 5–8). Tämän tutkimuksen kairaukset tehtiin pienellä venäläisellä suokairalla, mutta kokeilimme aluksi myös muita kairatyyppejä. Totesimme, ettei esimerkiksi GTK:n 1980-luvulla paljon käyttämän ruuvikärkisen Hiller-kairan (ks. kuva 15) läpäisevyys eronnut juuri pienestä venäläisestä kairasta. Hiller-kairan läpäisevyys tuntui olevan jopa hieman huonompi ja lisäksi sen ongelmana oli näytteen sekoittuminen, joka on kairatyypille ominaista (Lappalainen et al 1984: 14). Myöskään muiden 1980-luvulla käytettyjen kairojen voidaan tuskin olettaa olleen läpäisykyvyltään pientä venäläistä kairaa parempia johtuen niiden kärjen muodosta sekä näyteosan leveydestä (Tolonen 2012). Leveämpiä kairoja on myös todennäköisesti vieroksuttu linjastokairausten työläyden takia. Niiden etu suhteessa kapeampiin kairoihin liittyy ainoastaan näytekokoon, joten niitä käytetään yleensä vain silloin, kun halutaan saada riittävästi näytettä laboratiivisia tutkimuksia varten (Lappalainen et al. 1984: 14–17).



Rajalamminsuon turvevaraselvityksessä ei ole otettu laboratorionäytteitä (Mäkilä et al. 1984: 7, 72–73). Näin on luotettavaa, että GTK:n linjaverkoston pohjasyvyyksien havainnot ovat syntyneet samalla logiikalla kuin oman tutkimuksen kairauksissa. On kuitenkin otettava huomioon, että kairauksen absoluuttisten korkeuksien määrittämisessä GTK:n ja oman menetelmäni välillä on eroa, mitä käsittelen tarkemmin luvussa 6.2.

Kuvassa 17 on esitetty, kuinka monta metriä liian korkeaksi tai matalaksi tämän tutkimuksen malliversio ennustaa suon pohjan korkeuden syvyyskairauksen kohdalla. Todettujen virheiden keskiarvo on +0,93 m, mediaani +0,48 m ja vaihteluväli -0,87 – +3,30 m. Osa suunnitelluista kairauksista epäonnistui. Neljä eteläiselle peltoalueelle suunniteltua kairausta jäi pois lopullisista tuloksista, koska maaperä oli liian kovaa käsin kairattavaksi. Peltoalueen ojat olivat myös niin leveitä, että niiden kairaminen ilman lisävarusteita osoittautui ylivoimaiseksi. Samat syyt estivät myös yhden tutkimuspisteen kairamisen suon metsittyneellä lounaislaidalla.



**Kuva 17.** Syvyyskairauksen tulokset. Tausta-aineistot © MML 2016 ja © GTK 1984. Mallinnus Juuso Koskinen.

## 5.2 Maatutkaluotaus

Maatutkalinjat suunniteltiin GTK:n turvevaraselvityksen pohjaprofiilipiirroksen perusteella (kuva 8, luku 4.1), joka kuvaa Rajalamminsuon likimain itä-länsi-suunnassa halkaisevan selkälinjan profiilia. Maatutkauksella haluttiin tuottaa vertailuaineistoa varsinkin mallin yksityiskohtaisen ennustekyvyn arvioimiseksi. Lisäksi itäpään pohjanmuodot vaikuttivat profiilipiirroksen perusteella vahvapiirteisemmiltä yksityiskohdissaan verrattuna muuhun suon alueeseen. Niitä tutkittiin kolmella rinnakkaisella selkälinjan suuntaisella maatutkalinjalla. Piirteiden perusteella vaikutti siltä, että itäpäädyssä saattaisi sijaita turpeenalainen rantaterassi, tai sellaisen loiventunut jäännös. Tämän lisäksi maatutkausten sijoittamista suon itäpäähän ohjasi arkeologinen intressi, sillä Rajalamminsuon 2:n asuinpaikka rajautuu tällä alueella suon reunaan. Mallin yksityiskohtaista ennustekykä voitaisiin verrata samalla kertaa myös tunnetun asuinpaikan edustan rantapiirteisiin. Kolmas maatutkalinjojen kohdentamista ohjannut tekijä oli se, että ainakin yksi maatutkalinjoista haluttiin asettaa GTK:n kairauslinjan kohdalle olennaisen vertailusuhteen mahdollistamiseksi. Tällä tavoin kyseisen maatutkalinjan kohdalla mallin ennustamia suonpohjan korkeusarvoja voitaisiin verrata kolmeen eri korkeustietolähteeseen: 1. GTK:n kairautietoihin, 2. maatutkadataan sekä 3. maatutkalinjan kontrollikairausten tuloksiin.

Linjastot pyrittiin asettamaan mahdollisimman suoriksi, joten mittauspaikalla kasvava tiheähkö mäntykasvusto ohjasi vahvasti niiden suuntausta (kuva 18). Tästä johtuen maatutkalinja 3 asettui päästään hyvin lähelle tutkalinjaa 2, vaikka ne suunniteltiin alun perin sijoittumaan samalle etäisyydelle toisiinsa nähden koko linjan pituudelta. Linjojen toteutuneet suuntaukset eivät nähdäkseni kuitenkaan vähennä merkittävästi tulosten tietoarvoa mitattujen geologisten ilmiöiden laaja-alaisuudesta johtuen. Lisäksi toteutuneet linjasuuntaukset olivat enemmän kohtisuorassa suonreunaan nähden, kuin tiukasti yhdensuuntaisesti asetetut linjat olisivat olleet. Siksi katson, että maatutkatulokset kuvaavat havainnollisemmin myös turpeenalaisia geologisia muotoja, kuten mahdollisia rantatörmäjä, jotka olisivat todennäköisesti myös suon reunan suuntaisia. Pitäytyminen ennalta suunnitelluissa linjasuuntauksissa olisi todennäköisesti aiheuttanut sen, että törmän muoto olisi piirtynyt loiventuneena ja vaikeammin

todettavana maatutkan kulkiessa enemmän terassin suuntaisesti, kuin kohtisuoraan siihen nähden.



**Kuva 18.** Näkymä länteen maatutkalinja 1:n lähtöpaalun kohdalta. Valkoinen mittanauha merkitsee maatutkalinjaa, jonka asettaminen suoraksi tiheähköön männikköön oli haastavaa. Kuva Juuso Koskinen.

Mittaukset tehtiin Helsingin yliopiston arkeologian oppiaineen Zond-12e -maatutkalla (Radar Systems 2017a). Antennin taajuus oli 500 MHz (Radar Systems 2017b). Laitteessa ei ollut erityistä suopyörää, mutta pyörän liikkeessä ei havaittu vakavia puutteita kenttämittausten aikana. Tavoitteena oli havaita melko laaja-alaisia geologisia ilmiöitä, joten mittauslinjat sijoitettiin maastoon Garmin Oregon 600 -käsipaikantimen avulla. Maatutkalinjojen 50 m välein sijoitettujen paalujen sijainnit mitattiin kuitenkin jälkikäteen Topcon HiPer Pro -tarkkuuspaikantimella, jotta toteutuneista linjoista saatiin tarkka sijaintitieto mallinnusvertailua varten. Maatutkauksesta menetelmänä sekä siihen liittyvästä teoriasta voi lukea lisätietoja tutkimuskirjallisuudesta (esim. Conyers 2004, 2012; Witten 2006; Gaffney & Gater 2010).

Mittausdata kalibroitiin horisontaalisesti niin sanottujen markkereiden, eli digitaalisten kiintopisteiden avulla, jotka merkittiin maatutkadataan viiden metrin välein (kuva 19).



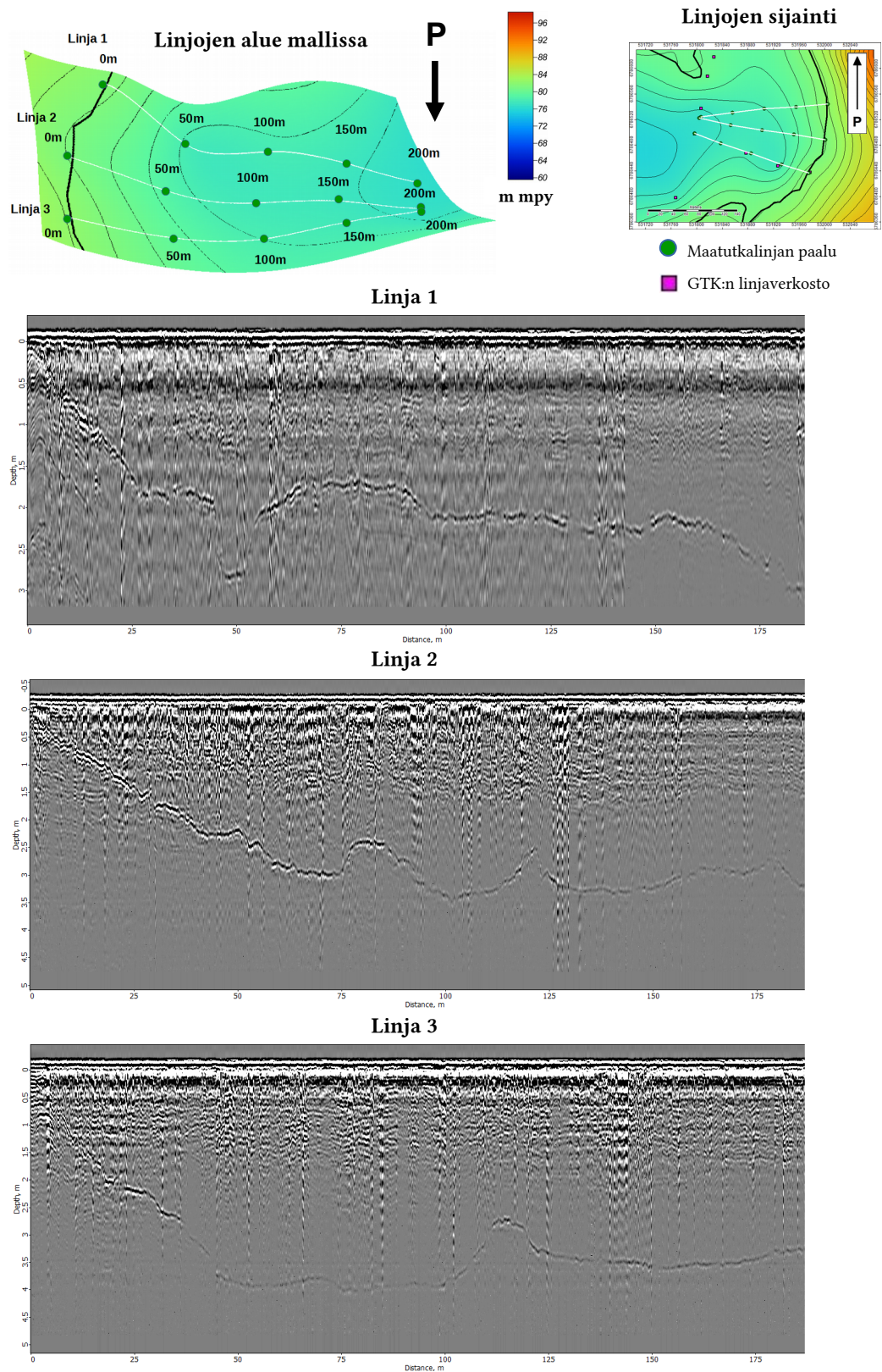
Vertikaalinen kalibrointi tehtiin puolestaan kontrollikairausten avulla. Maatutkalinja 1 kontrollikairattiin kymmenen metrin välein, linjaosuudella 50–150 m. Kaksi muuta linjaa kontrollikairattiin samalla linjaosuudella, mutta vain 20 m välein, sillä kairaamisen edetessä tämän todettiin olevan riittävä tiheys. Maatutkadatan syvyysprofiilien virhettä kalibroitiin kunkin linjan kontrollikairausten osoittaman keskiarvovirheen mukaan. Kairausmenetelmä itsessään oli yhtäläinen syvyyskairauksiin nähden (ks. luku 5.1). Maatutkalinjojen kairausnäytteet dokumentoitiin valokuvaamalla, mutta näytteitä ei otettu talteen.



**Kuva 19.** Maatutkan vetoa. Oikealla Satu Koivisto vetää antennia mittanauhalla merkittyä linjaa pitkin. Keskellä Wesa Perttola tallentaa kannettavan tietokoneen mittausdataan kalibrointipisteen eli ns. markkerin aina, kun antenni on edennyt viisi metriä. Vasemmalla Juuso Koskinen kirjaa ylös kalibrointipisteen numeron ja siihen liittyvän linjan kohdan. Kuva Niko Anttiroiko.

Maatutkakuvien (kuva 20) syvyystiedon nollapiste asetettiin suon pohjaveden rajaan, koska sitä käytettiin myös kontrollikairausten nollapisteenä. Maatutkauksissa selkeimmin esiin piirtyvä geologinen vastine edustaa suon kivennäispohjaa.





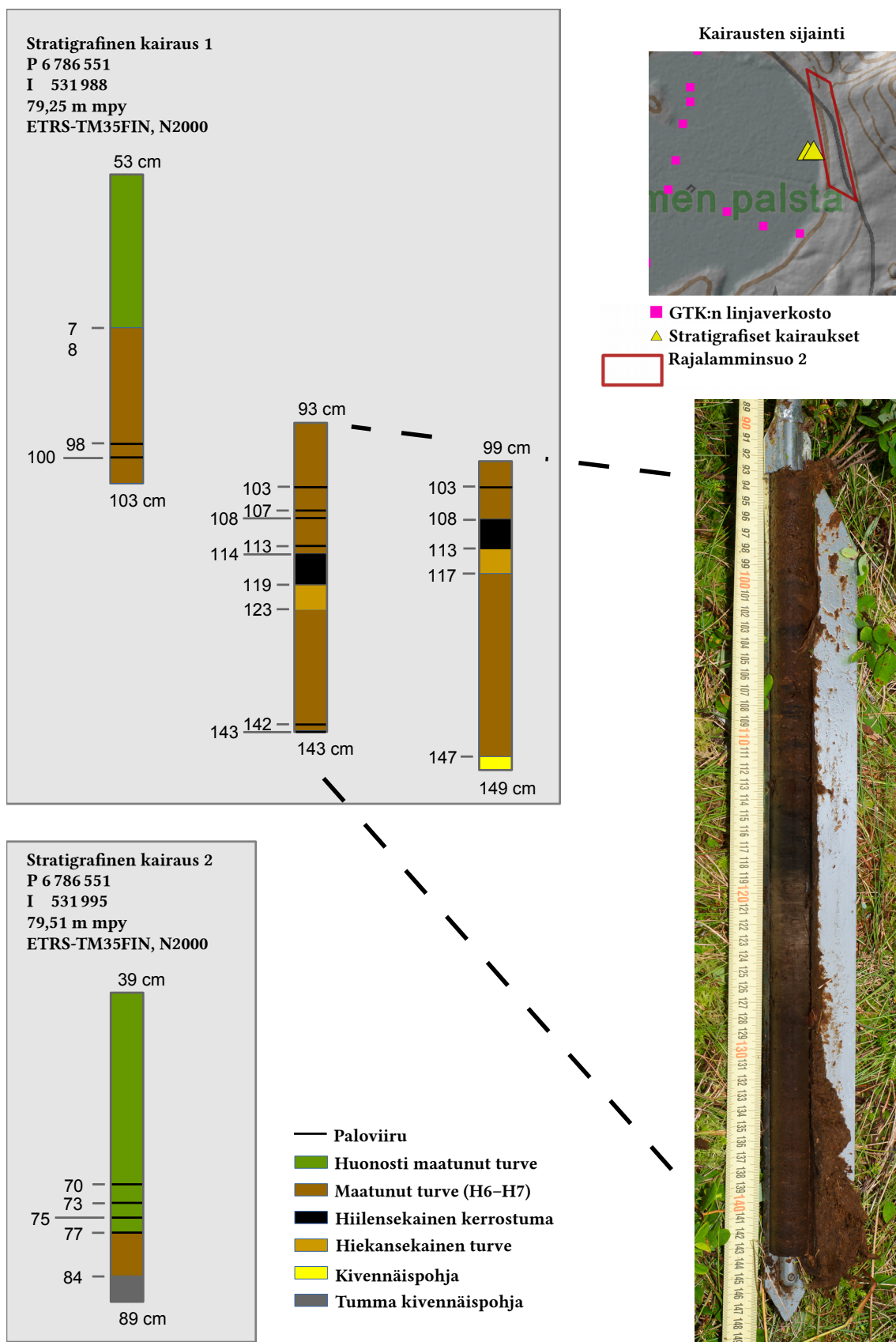
**Kuva 20.** Maatutkalinjojen profiilit. Suon itäreuna on kuvien vasemmassa laidassa. Maatutkadatan käsittely ja visualisointi Juuso Koskinen.

### 5.3 Stratigrafiset kairaukset

Suolle sijoitettiin kaksi stratigrafista kairauspistettä Rajalamminsuo 2:n asuinpaikan edustalle. Asuinpaikka on laajahko ja sen suojelurajaus rajautuu käytännössä suon reunaan, joten asuinpaikan jatkumista suon alle oli otollista tutkia juuri kyseisen kohteen yhteydessä. Kohteen jatkumisesta suon puolelle oletettiin saatavan viitteitä kairanäytteessä mahdollisesti erottuvien hiili- ja eroosiokerrostumien tai artefakti löytöjen avulla. Kairaukset sijoitettiin turvalliselle etäisyydelle suojelualueen reunasta, mutta kuitenkin riittävän lähelle sen reunaa, jotta arkeologisen signaalin löytäminen olisi vielä todennäköistä.

Stratigrafiset kairaukset tehtiin niin ikään pienellä venäläisellä kairalla. Kairausnäytteet otettiin rinnakkain näytteiden sotkeutumisen ehkäisemiseksi, mutta kuitenkin riittävän läheltä toisiaan, jotta yksittäisen kairaussarjan näytteet dokumentoisivat samaa stratigrafista kohtaa. Saman kairaussarjan näytteet otettiin siten, että niiden yläpään tuli vähintään 10 cm limittäisyyttä edellisen näytteen alaosaan nähden, jotta yhtäläisen stratigrafisen sarjan jatkuvuus voitiin varmistaa. Näytteet valokuvattiin, mutta niitä ei otettu talteen. Laboratoriotutkimuksia varten ei ollut tällä kertaa resursseja, joten stratigrafisia havaintoja tehtiin ainoastaan kentällä. Ainoastaan kairauksen 1 näyteosuus 114–119 cm syvyydellä otettiin talteen mahdollisia jatkotutkimuksia varten, sillä sen arvioitiin edustavan esihistoriallista ihmistoimintaa. Kairausten sijainnit mitattiin paikalleen Topcon HiPer Pro -tarkkuuspaikantimella.

Kuvassa 21 on esitetty kaavioina Rajalamminsuo 2:n asuinpaikan edustalla tehtyjen stratigrafisten kairausten havainnot. Kaavioiden tiedollinen intressi on arkeologinen, joten turpeen maatuneisuusasteet sekä muut geologiset ilmiöt on ilmoitettu suurpiirteisesti. Maatuneisuusaste H6–H7 on arvioitu von Postin asteikolla, jossa H1 edustaa täysin hajoamatonta ja H10 täysin hajonnutta turvetta (von Post 1922: 9; Mäkilä & Grundström 2008: 3). Kairauksissa paljastui mahdollisesti ihmisen toiminnasta syntyneitä hiilensekaisia kerrostumia. Kairauksessa 1 tällainen kerrostuma erottui selkeästi syvyydsvälillä 114–119 cm, ja sen alapuolella oli n. 4 cm paksu hiekkainen eroosiokerros. Tämänkaltaiset hiilensekaiset kerrostumat ovat liian isoja ollakseen



Kuva 21. Stratigrafisten kairausten tulokset. Kairanäytteen ristikkäispolarisaatiokuva Niko Anttiroiko.

metsä- tai maastopalojen jättämiä (H. Vasander, henkilökohtainen tiedonanto 15.7.2016), joita kaaviossa *paloviiruksi* merkityt jäljet todennäköisesti edustavat. Lähempänä suon rantaa tehdyn kairauksen 2 hiilensekainen kerrostuma oli niin ikään n. 5 cm paksu, mutta toisin kuin kairauksessa 1, se oli pohjahiekkaan sekoittunut. Kairausten 1 ja 2 valossa ei ole varmaa edustavatko niiden hiilensekaiset kerrostumat samanaikaista ilmiötä. Rajalamminsuolla turpeen keskimääräinen kerrostumisnopeus on n. 0,24 mm/v (Mäkilä et al. 2013: liite 5), joten esiintymissyvyytensä perusteella kairauksen 1 hiilensekainen kerrostuma vaikuttaisi esihistorialliselta, ja kairauksen 2 vastaava olisi todennäköisesti myös vähintään 1000 vuotta vanha. Turpeen kerrostumisnopeus on silti vaihdellut vahvasti suon eri kehitysvaiheissa (ks. luku 3.3), joten ajoitusta on pidettävä erittäin viitteellisenä. Radiohiiliajoitusten puuttuessa tätäkään tarkempaa ajoitusta ei silti ole mahdollista määrittää.

## 6. Mallin tarkastelua kenttähavaintojen valossa

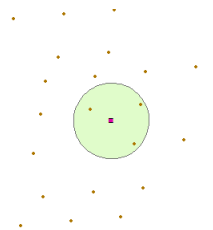
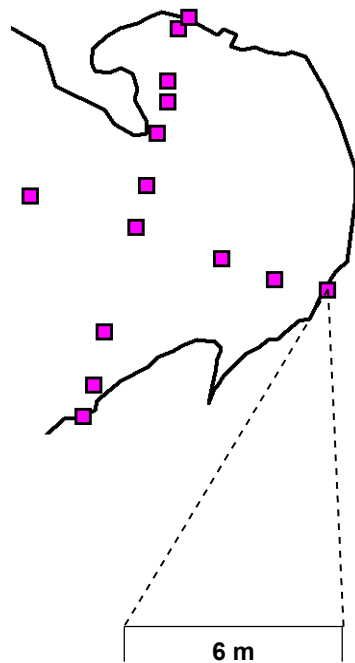
Mallin kaksi olennaisinta puutetta ovat suon reuna-alueiden voimistuneet korkeusvirheet sekä sen taipumus loiventaa pienialaisia muotopoikkeamia näkymättömiin. Reunojen korkeusvirheet tulevat esille etenkin syvyyskairausten tuloksia tarkastelemalla. Maatutkaprofiilit paljastavat puolestaan hyvin sen, kuinka vahvasti malli tasoittaa suon pohjan pienialaisia korkeusvaihteluja, kuten painanteita ja törmän kaltaisia muotoja. Käsittelen seuraavaksi mallin virheiden syitä sekä niiden aiheuttamia ongelmia arkeologisen tutkimus- ja suojelutyön kannalta.

### 6.1 Korkeusvirheet ja pinnanmuotojen epätarkkuus

Syvyyskairausten perusteella on nähtävissä, että mallin keskialueilla päästään melko pieniin korkeusvirheisiin, mutta menetelmän ennustekyky heikkenee suon reunoja lähestyttäessä. Onnistuneen interpoloinnin tuottamiseksi mallia on käsiteltävä useassa eri vaiheessa, joista osasta seuraa mallin korkeuserojen tasoittumista. Tasoituksesta johtuen suon reunat nousevat lopullisen mallin vaiheessa todellista reunavyöhykettä korkeammalle. Rajalamminsuon pohja on matala ja laakea, mutta sitä ympäröivät korkeat ja jyrkät mäet. Mallinnusmenetelmän korkeuseroja tasoittava taipumus tulee näkyviin juuri suon reunoilla, joilla tasainen kivennäispohja nousee äkisti ja jatkuu jyrkkänä harjurinteenä kuivan maan puolella.

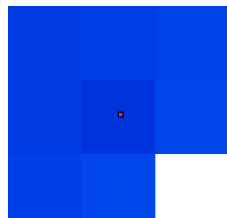
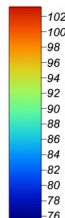
Työstövaiheiden aiheuttamat korkeusmuutokset tulevat hyvin esille erityisesti mallin itälaidalla, GTK:n selkälinjan ensimmäisen kairauspisteen kohdalla (kuva 22). Mallinnuksen lähtökohtana on tilanne, jossa muokkaamattomat ja kenttämittauksia vastaavat korkeustiedot ovat pistemäisessä muodossa .las-tiedostona. Tässä vaiheessa selkälinjan ensimmäisen pisteen ympäristö 1 m säteellä koostuu kolmesta MML:n laserkeilauspisteestä, joiden korkeusarvot ovat 80,19, 80,21 ja 80,36 m mpy, ja itse GTK:n selkälinjan lähtöpisteen korkeusarvo on 79,55 m mpy. Kaikkien näiden neljän pisteen keskiarvo on siten 80,0775 m mpy. Siirryttäessä tästä tiedostomuodosta rasterimuotoiseen .sgrid-tiedostoon, alueen päälle ikään kuin asetetaan 2 m neliöistä



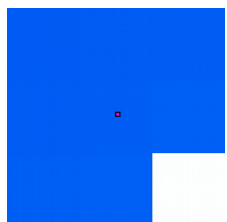
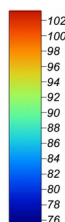


1. .las-vaihe. GTK:n selkälinjan lähtöpiste ja sitä 1m säteellä ympäröivät 3 lidar-pistettä näkyvät vihreässä ympyrässä. Näiden neljän pisteen korkeuskeskiarvo on **80,0775 m mpy**.

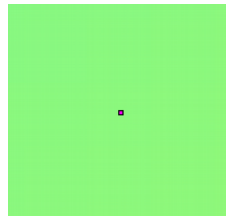
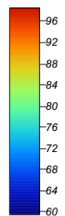
m mpy



2. Raster-vaihe. Lähtöpisteen kohdalle muodostuvan ruudun korkeusarvo on **80,07 m mpy**.



3. Gaussian filter -työkalun jälkeen kohdan korkeus nousee **81,35 m mpy**.



4. Valmis interpoloitu malli. Kohdan lopulliseksi korkeudeksi jää **81,35 m mpy**.

**Kuva 22.** Mallin työstövaiheiden vaikutus suon reunan korkeuteen. Tausta-aineistot © MML 2016 ja © GTK 1984. Kuva Juuso Koskinen.

koostuva verkko ETRS-TM35FIN -koordinaatistossa, jonka ruudut saavat korkeusarvonsa sen alueelle osuneiden korkeuspisteiden keskiarvon mukaan. Rasterimuunnoksen jälkeen kohdan korkeusarvoksi tulee 80,07 m mpy, joka vastaa vielä erittäin hyvin .las-vaiheen alkuperäistä 80,0775 m mpy keskiarvoa. On huomioitava, että rasteritiedoston ruutu asettuu reunoiltaan koordinaattien tasalukujen mukaan, joten sen alle osuvat pisteet ovat tässä tapauksessa vain sattumalta samat, kuin selkälinjan lähtöpisteestä 1 m säteellä sijaitsevat pisteet. Selkälinjan lähtöpiste voisi sijaita myös esimerkiksi 2 m ruutujen rajalla, jolloin tässä vertailtavaa korkeuskeskiarvoa ei olisi perusteltua laskea 1 m säteellä. GTK:n selkälinjan lähtöpiste sijaitsee kuitenkin melko keskellä ETRS-koordinaattien mukaista rasteri-ruutua, ja ruudun korkeusarvo on, senttimetrin pyöristystä lukuun ottamatta, vielä identtinen lähtökohtaisen .las-vaiheen keskiarvokorkeuden kanssa. Ruudun korkeustieto

muuttuu huomattavasti vasta mallin työstämisen seuraavassa vaiheessa, jossa sen muotoja tasoitetaan *gaussian filter* -työkalulla. Työkalua käytetään suon reunojen epätasaisuuksista johtuvien virheiden poistamiseen (Latvakoski 2014: 36). Työkalun *standard deviation*- ja *search radius* -muuttujat ovat sen olennaisimmat parametrit. SAGA 2.2.7 -ohjelman oletusasetuksena *standard deviation* on 1 ja *search radius* 2, mutta tässä tutkielmassa ne asetettiin arvoiksi 10 ja 20. Uusilla asetuksilla työkalu nostaa tarkastelemamme ruudun korkeusarvoksi 81,35 m mpy, eli jopa 1,27 m korkeammaksi, kuin lähtöaineistojen keskiarvokorkeus 80,0775 m mpy.

Tutkielmani liitteessä II vertaillaan kahta erilaista vaihtoehtoa alkuperäiseen mallinnukseen siten, että niiden *gaussian filter* -työkalun parametreja on muutettu. Tässä tarkastellun kohdan pienin virhe syntyi asetuksilla *standard deviation*: 1 ja *search radius*: 6. Toisaalta kaikkien syvyyskairauksien tutkimuspisteiden virhekorkeuksien vaihteluväli, keskiarvo ja mediaani olivat pienimmät silloin, kun *gaussian filter* jätettiin kokonaan pois. Kummassakin muunnellussa mallisovituksessa suon pohjan kokonaistopografia piirtyi kuitenkin sellaisena, ettei se selvästikään voi olla todenmukainen. Sovituksissa syvänteiden muodot ja sijainnit noudattelivat selvästi linjaverkoston sijoittumista. Syvyyskairausten paljastamat virhelukemat viittaavat lisäksi siihen, että syvänteet kuvastuvat mallissa liian vahvoina. Vaikuttaa siis siltä, että Rajalamminsuon kaltaisen ympäristön suoallasta mallinnettaessa voidaan valita joko keskimääräisesti pienet korkeusvirheet ja epätodellinen topografinen kokonaismuoto tai vaihtoehtoisesti suuret keskimääräiset korkeusvirheet ja todenmukaisempi topografinen kokonaismuoto. Näiden kahden ääripään välillä on tietysti löydettävissä kelvollisin sovellus, jonka ehtoja ja logiikkaa voidaan selvittää jatkotutkimuksella.

*Gaussian filter* -vaiheen jälkeen mallinnuksessa seuraa lopullinen interpolointivaihe, mikä ei enää muuta tarkastellun kohdan korkeustietoja, vaan täydentää niitä ainoastaan mallin tyhjille alueille. Voidaan kuitenkin sanoa, että tutkielmassa käytetyillä asetuksilla mallinnetun suon reuna nousee siis 1,1–1,8 m todellista korkeammalle riippuen siitä, pidämmekö todellisena korkeutena GTK:n selkälinjan lähtöpisteen 79,55 m mpy vai sitä ympäröivien kolmen MML:n laserkeilauspisteen keskiarvoa 80,25 m mpy.



Rajalamminsuon mallinnuksen vaikeudet liittyvät suon ympäristön jyrkkäpiirteisyyteen. Tasaisemmassa ympäristössä sijaitsevalla suolla ongelmat olisivat toisen kaltaisia. Tällaisessa tapauksessa esimerkiksi muutamien senttimetrien virhe korkeustiedoissa voisi aiheuttaa rannan piirtymisen satojen metrien päähän todellisesta sijainnistaan (Latvakoski 2014: 42). Toisaalta tasaisemman ympäristön soilla *gaussian filter* -työkalun korkeuseroja tasoittava vaikutus ei aiheuttaisi yhtä suurta muutosta mallin yksittäisissä kohdissa, kuten yllä tarkastellussa Rajalamminsuon tapauksessa. Pienempien korkeuserojen ympäristössä äärikorkeudet olisivat lähempänä keskiarvoa, jolloin mallinnusprosessin tasoittava muutos olisi pienempää työkalun vahvoillakin asetuksilla.

Alueellisten korkeusvirheiden lisäksi mallin muokausvaiheet poistavat pienialaisia pohjan muotoja mallinnettujen alueiden kokonaiskuvasta. Suon reunamien harjualueilla esiintyy runsaasti suppia sekä painanteita, ja lienee todennäköistä, että sellaisia on myös suon pohjalla. Tutkimuksen syvin kairauslukema 3,56 m (syvyyskairaus 19) saatiin yllättäen tutkimusalueen itäpäästä, missä GTK:n profiilikartan perusteella suo on matalimmillaan (ks. kuva 8, luku 4.1). Kyseisen kairauksen kohdalla voidaan nähdä myös mallin toiseksi suurin todettu korkeusvirhe +2,84 m. Kyseisessä kohdassa saattaa hyvinkin sijaita turpeenalainen suppa etäällä tunnetuista korkeuspisteistä, jollaisia splini-tyyppisellä mallinnusmenetelmällä ei luonnollisesti voida saavuttaa.

Maatutkaluotauksen paljastamat turpeenalaiset pohjanmuodot ovat hyvin kumpuilevia sekä kuoppaisia. Tutkalinjojen aluetta vastaava mallin kohta on taas huomattavasti silottuneempi kuin todellinen pohjatopografia edellyttäisi. Silti suon pohjan muoto laskevine ja tasaisine alueineen toistuu mallissa kohtalaisen hyvin, jos mallia ja maatutkaprofiileita tarkastelee esimerkiksi n. 50 m osuuksiin jaettuna. Toisaalta harvapisteinen splini-interpolaatio on luonnostaan sokea n. 10–15 m levyisille kuopanteille ja harjanteille, jollaisia maatutkadatassa esiintyy. Linja 1 asetettiin lähtöaineistona käytetyn GTK:n selkälinjan kohdalle, ja mallin onnistuminen tämän linjan kohdalla onkin ilmeistä. Pohjan suurpiirteiset muodot linjojen 2 ja 3 kohdilla toistuvat nähdäkseni myös melko hyvin, vaikka ne ovatkin jo etäämmällä GTK:n linjasta ja tunnetuista korkeuspisteistä. Onnistuneesta muodosta huolimatta on

muistettava, että suon reunan absoluuttiset m mpy -korkeudet ovat liian suuria, kuten yllä esiteltiin (kuva 22).

## 6.2 Eri mittausmenetelmien vaikutus korkeusarvoihin

Lopullinen malli voi olla parhaimmillaankin vain yhtä tarkka, kuin sen lähtöaineisto (ks. Latvakoski 2014: 41–42). Kuten yllä mainittiin, eri korkeusmittausmenetelmien ja -lähteiden välillä on eroja. Esimerkiksi selkälinjan lähtöpisteen korkeus on GTK:n omassa aineistossa 79,55 m mpy, kun taas sitä 1 m säteellä ympäröivien kolmen MML:n laserkeilauspisteen keskiarvo on 80,25 m mpy. Näiden kahden korkeustiedon ero viittaa siihen, että toisaalta GTK:n perinteisen vaaituskonemittauksen (Lappalainen et al. 1984: 12–14) ja toisaalta MML:n uudemman laserkeilausmenetelmän välillä on tuloseroa. Vertaillen myös muiden GTK:n verkoston linjojen päätepisteitä ja niitä ympäröiviä laserkeilauspisteitä toisiinsa, saattoivat lähdeaineistojen keskinäiset korkeuserot vaikuttaa välillä huomattavilta, mutteivät kuitenkaan järjestelmällisiltä. Erot ovat suurimmillaan hieman alle metrin korkuisia. Tämän tutkimuksen maatutkalinjan 1 lähtöpiste asettui 1,96 m päähän yllä tarkastellusta selkälinjan lähtöpisteestä, ja sen tarkkuuspaikantimella mitattu korkeus oli 79,76 m mpy. GTK:n aineiston virhettä on käytännössä mahdotonta arvioida jälkikäteen, mutta MML ilmoittaa laserkeilausaineistonsa korkeustarkkuuden keskivirheeksi enintään 15 cm ja tasotarkkuuden keskivirheeksi enintään 60 cm yksiselitteisillä kohteilla (Maanmittauslaitos 2016). Suon pinnan korkeus myös vaihtelee melko paljon kausittaisten sääolosuhteiden johdosta, jotka ovat saattaneet olla erilaiset laserkeilauslennon aikana ja toisaalta GTK:n kenttätöiden aikana. Tämä ei kuitenkaan selitä korkeustuloksien eroja, sillä yllä tarkasteltu selkälinjan lähtöpiste sijaitsee kuivalla maalla.

Sen lisäksi, että lähtöaineistojen välillä on tarkkuuseroja, on huomionarvoista, että myös tutkimuksessani toteutettujen syvyyskairausten ja GTK:n kairausten korkeusmittauksissa on menetelmällisiä eroja, mikä vaikeuttaa niiden vertailua. GTK:n korkeustiedot suon pohjasta on mitattu jonovaaitusmenetelmällä. Tutkielmani

syvyystiedot on taas saatu siten, että tutkimuspisteestä 3 m säteellä sijaitsevista laserkeilauspisteistä on ensin laskettu keskiarvo, josta on vähennetty kairauksen syvyys. Tämän jälkeen korkeuteen on lisätty 30 cm, joka vastasi kenttähavaintojen perusteella suon sammalpeitteen keskimääräistä paksuutta. Sammalpeitteen paksuus luonnollisesti vaihteli jonkin verran mittauspisteeltä toiselle, aiheuttaen yksittäisen mittauksen kohdalla virhettä suhteessa kairauksin hankittuun vertailuaineistoon. Kausittaisista säävaihteluista riippuvainen sammalpeitteen korkeus on todennäköisesti ollut eri myös minun tutkimukseni aikana kuin ilmalaserkeilauksen aikana.

Mallilla pyritään kuvaamaan turpeenalaisen hiekkamaan pintaa. On huomionarvoista, että mallinnusmenetelmässä suota ympäröiviin laserkeilauspisteisiin suhtaudutaan kuin ne kuvaisivat kivennäismaan pintaa, vaikka tarkemmin ottaen ne ovat peräisin kasvustokerroksen pinnasta, mikä tuo muutaman sentin järjestelmällisen poikkeaman GTK:n lähtöaineistoon ja myös tutkielmani syvyyskairauksiin. Lisäksi käsikairaus, niin tässä tutkielmassa kuten GTK:n turvevaraselvityksessäkin, on saattanut pysähtyä yksittäisissä tutkimuspisteissä pohjimmaisiiin savipitoisiin kerrostumiin saavuttamatta varsinaista hiekkapohjaa. Tällöin suoalueen interpoloinnissa käytetyt turvetutkimuspisteet eivät edusta samaa geologista kerrostumaa suota ympäröivien pisteiden kanssa ja myös osa mallin todenmukaisuutta koettelevista kairauksista saattaa olla tästä syystä useita senttimetrejä liian korkeita.

Tutkimukseni syvyyskairauksien ja niiden vertailuaineistojen virhelähteet ovat siis moninaiset, mutta toisaalta ne eivät tuota virhettä järjestelmällisesti vaan kumoavat myös toisiaan osan pyrkiessä nostamaan korkeusarvioita ja osan laskiessa niitä. Lisäksi syvyyskairausten määrä vähentää virhelähteiden vaikutusta laskettaessa mallin keskiarvo- ja mediaanivirhettä, joten katson, että tutkimukseni kairaukset koettelevat mallin todenmukaisuutta melko onnistuneesti virhelähteistä huolimatta.

### 6.3 Malli tutkimuksen ja suojelun työkaluna

Sovellettu korkeusmalli ei ole todellisuuden yksiselitteinen jäljennös, kuten eivät ole muutenkaan maanmittaus- tai paikkatietoaineistot. Mallin viitteellisyys sinänsä ei vielä tee sitä käyttökelvottomaksi. Viitteellisyyden taso on silti oltava arkeologin tiedossa, jotta hän voi käyttää menetelmää onnistuneesti. Sovelletun korkeusmallin voi mielestäni rinnastaa hyvin peruskarttaan, joka on kenttäarkeologien jokapäiväinen työkalu. Peruskarttaa käyttävän arkeologin on otettava työssään huomioon aineistonsa suurpiirteisyys ja näin käytettynä se on edelleen korvaamaton spatiaalinen tietolähde, vaikka paljon tarkempaakin paikkatietoaineistoa, kuten laserkeilausaineistoa, on nykyään helposti saatavilla. Pienialaiset maastonpiirteet eivät erotu peruskartalla, eivätkä kartan korkeuskäyrien sijainti tai muoto vastaa täydellisesti todellisuutta. Siitä huolimatta rantasidonnaista asuinpaikkaa etsivä arkeologi voi nopeasti tutkimusalueensa peruskarttaa silmäillen huomata sopivalle korkeuskäyrälle osuvat niemenkärjet ja suojaisat lahdet, jotka ovat potentiaalisia kohteiden sijainnille. Varmentaakseen varsinaisen muinaisjäännöksen arkeologin on luonnollisesti tehtävä maastokäynti paikan päällä. Peruskartta on siis suuntaa antava aineisto, kuten sovellettu korkeusmallikin. Pienialaiset maastonmuodot myös katoavat sovelletun korkeusmallin valmistusprosessissa ja suon turvekerroksen alle piirtyvät korkeuskäyrät vastaavat todellisuutta vain suurpiirteisesti. Tästä huolimatta laajan suon peittämä muinainen maisema rantasidonnaisille asuinpaikoille sopivine kohtineen saadaan pääpiirteiltään näkyviin sovelletun korkeusmallin avulla ja potentiaalisia tutkimusalueita voidaan määrittää näin huomattavasti tehokkaammin, kuin esimerkiksi pelkän tutkimusalueen ilmalaserkeilauksen pintamallin perusteella, jossa erottuu vain suon tasainen pinta. Sovellettua korkeusmallia voidaan pitää ikään kuin turvekerroksen alapuolelle ulotettuna peruskarttaesityksenä, jota voidaan käyttää inventointien suunnittelussa kuitenkin unohtamatta sen viitteellisyyttä. Kentällä turpeenalaisen mineraalimaan todellinen syvyys tulee luonnollisesti varmistaa aina kairauksin ennen suuritöiden kaivausvaiheiden aloittamista.

Tässä tutkielmassa käsiteltyä sovellettua korkeusmallia voi mielestäni käyttää apuna turpeenalaisten muinaisrantojen paikantamiseen arkeologisessa inventoinnissa etenkin

soilla, jotka sijaitsevat vesistöjen yhteydessä ja joiden rannansiirtyminen on ollut suurta. Esimerkiksi eteläisen Saimaan vesistöhistoriallisella alueella, jossa tutkimuskohteenikin sijaitsee, vedenpinnan vaihtelu on ollut jääkauden jälkeen niin huomattavaa, että mallin keskialueen alle 1 metrin suuruusluokan virheet eivät vielä tee mallinnetun pohjankorkeuden ja rannansiirtymisen perusteella tehtyä ajoitusarviota hyödyttömäksi. Mielestäni koko Rajalamminsuon alue on saattanut olla jonkin aikaa kuivaa maata mesoliittisen kivikauden aikana (ks. luku 3.2), joten on mahdollista, että esihistoriallisia asuinpaikkoja voisi sijaita periaatteessa missä tahansa suon pohjan alueella. Tässä mielessä voitaisiin ajatella, ettei potentiaalista tutkimusaluetta tarvitsisi mallintamalla paikantaa lainkaan, jos asuinpaikkojen esiintyminen olisi mahdollista koko suon alalla. Silti jollain toisella soistuneella järvipoukamalla eteläisellä Saimaalla saattaisi hyvinkin vallita taas tilanne, missä osa suon pohjasta on kiistattomasti ollut aina vedenpinnan alapuolella, jolloin sovellettua korkeusmallinnusta voitaisiin käyttää hyväksi alueiden poisrajaamiseen inventointityöstä. Toisaalta mallin avulla tutkimukset voitaisiin kohdentaa Rajalamminsuonkin tapauksessa sellaiselle alueelle, missä esihistoriallinen rantaviiva on sijainnut pitkään samalla tasolla. Tämä vaatisi myös tuekseen lisätutkimusta Kuolimon rannansiirtymisestä.

Inventointien yhteydessä suon reunalla sijaitsevien arkeologisten kohteiden laajuutta ei yleensä tutkita suon alueelta koekuoppittamisen vaivalloisuuden vuoksi. Sovelletun korkeusmallin avulla voitaisiin arvioida kuinka laajalle suon alueelle arkeologisen kohteen korkeusvyöhyke jatkuu. Tietoa voitaisiin käyttää apuna riittävän rajauksen laadinnassa. Rajalamminsuo 2:n suojelualue noudattelee geologisen suon reunaa ja on asuinpaikan todellisen laajuuden suhteen mielivaltaisen. Kohteen edustalla tehdyt stratigrafiset kairaukset hiilipitoisine kerrostumineen osoittavat mielestäni, että kohteen suojelutarve ulottuu myös suon alueelle, vaikka hiilensekaisten kerrostumien ajallista suhdetta kohteen inventointilöytöihin ei vielä tiedetä. Jotta tutkimukseni mallisovitusta voitaisiin käyttää Rajalamminsuo 2:n laajuuden arviointiin, olisi siihen suotavaa tehdä parannuksia. Suon reunan huomattava korkeusvirhe sekä pienialaisten korkeusvaihteluiden puuttuminen, johtaisivat todennäköisesti siihen, että potentiaalinen suojelualue arvioitaisiin liian laajaksi. Toisaalta ensimmäisten inventointivaiheiden rajauksiin on ylipäättään suhtauduttava viitteellisesti myös kuivan maan kohteilla, ja

rakennuspaineen kasvaessa vähän tutkitun kohteen laajuutta on aina selvitettävä uusilla maastotutkimuksilla. Tässä mielessä liian laajaksi rajattu alue ei olisi niinkään vahingollinen, kuin suon reunaan mielivaltaisesti supistettu alue. Toisaalta sovellettu korkeusmalli siinä muodossa, jossa sitä tutkimuksessani tarkastellaan, mallintaa ainoastaan suon alaista kivennäismaata, kun arkeologiset aineistot ja jäljet voivat sijaita myös suon eloperäisten kerrostumien seassa, kuten tutkimuksen stratigrafiset kairaukset osoittavat. Tämänkään vuoksi pelkkä pohjan korkeusmalli ei mahdollistaisi täysin luotettavan rajauksen laatimista.

Uusien kohteiden etsimisen lisäksi sovellettua korkeusmallia voitaisiin käyttää jo tunnettuihin kohteisiin liittyvän lausuntotyön tukena. Esimerkiksi turpeiden alle ulottuvien kohteiden yhteydessä mallin avulla voitaisiin saada tietoa siitä, miten turpeenalaisten löytöjen korkeusvyöhyke levittäytyy ympäristössä, ja arvioida koskeeko lähialueelle suunniteltu rakentaminen tai muu kajoava maankäyttö niitä. Menetelmää olisi mahdollista soveltaa myös esimerkiksi suuntaa antavana työkaluna turvetuotantoalueilla. Mallin avulla voitaisiin tehdä ehkä vuosikymmenien tasolla arvio siitä, milloin turpeennosto lähenee arkeologisesti potentiaalisia syvyyskiä. Tämä vaatisi tietysti yhteistyötä myös turvetuotannon ammattilaisten ja arkeologien kesken, jotta toteutuneet nostomäärät olisivat tutkijoiden tiedossa. Tässäkin yhteydessä pitää lisäksi ottaa huomioon se, että sovellettu korkeusmalli kuvaa ainoastaan suon pohjaa, jolloin sen avulla voitaisiin ennakoida lähinnä kivennäispohjan arkeologisten jäännösten sijaintia. Se olisi sokea esimerkiksi suon eloperäisten kerrostumien seassa oleville irtolöydöille. Mallia olisi kuitenkin mahdollista soveltaa siten, että suon vesistöhistorian vaiheita mallinnettaisiin esimerkiksi liejuhavaintojen avulla (Latvakoski 2014: 43–61), jolloin suon läheisyydessä sijaitsevan asuinpaikan edustaa voitaisiin tarkastaa arkeologisesti, kun turpeennosto saavuttaa sellaisia liejukerrostumia, joille asuinpaikan löytöaineistoa on saattanut päätyä.

Satelliittikuvien, säätilastojen ja hydrologisten aineistojen avulla on mahdollista seurata vedenpinnan vaihtelua laajoissa kosteikkojärjestelmissä (esim. Castaño et al. 2000: 175–181). Ympäristödataa ja sovellettua korkeusmallia yhdessä hyödyntäen olisi mahdollista seurata esimerkiksi ojituksen ja kausittaisten sääolosuhteiden asettamia

uhkia tunnetuille sekä mahdollisille turpeenalaisille muinaisjäännöksille. Mallin avulla voitaisiin arvioida, milloin suoaltaan veden pinta on niin matalalla, että muinaiset rantatasot ovat uhattuina. Jos tällaista seuranta kokeiltaisiin Rajalamminsuolla, olisi pantava merkille, että tutkielman sovitusta sovelletusta korkeusmallista kuvaa juuri suon reunojen pohjan korkeutta huonosti, jolloin esimerkiksi Rajalamminsuon 2:n edustalla mahdollisesti sijaitsevien arkeologisten aineistojen vaarantumisesta ei voitaisi ennakoita. Silti, kuten liitteen II malliversioista ilmenee, suon reunan virhettä voidaan vähentää mallin asetuksia muuttamalla, joskin silloin taas suon keskialueiden topografinen muoto menettää todenmukaisuuttaan.

Kohteiden paikantamisen ja seurannan lisäksi sovelletusta korkeusmallista olisi hyötyä myös tutkimuksessa, jolla pyritään selvittämään arkeologisten kohteiden topografisen sijoittautumisen logiikkaa. Menetelmän avulla voitaisiin tutkia esimerkiksi muinaisvesistön umpeenkasvun eri vaiheiden ja rannansiirtymisen yhteyksiä alueen tunnettujen asuinpaikkojen vaiheisiin. Onnistuneen mallin avulla olisi mahdollista tutkia esimerkiksi millä tavalla rantaviivan läheisyys vaikuttaa asuinpaikan syntymiseen, ja toisaalta myös millä tavalla vesistön umpeenkasvu vaikuttaa asuinpaikan käyttöön ja hylkäämiseen. Lisäksi irtolöytöjen, kuten ruuhien, suksien, reenjalaksien ja uhreiksi tulkittujen kirveiden löytöyhteyksien topografinen johdonmukaisuus saattaisi nousta havainnollisesti esiin, jos niiden sijaintia tarkasteltaisiin sovelletun korkeusmallin avulla (ks. Chapman & Gearey 2002; Chapman 2015).



## 7. Yhteenveto ja ehdotuksia jatkotutkimukselle

Muodostin tässä tutkielmassa Savitaipaleen Rajalamminsuon muinaisesta järivialtaasta kolmiulotteisen, georeferoidun paikkatietomallin, ja arvioin sen todenmukaisuutta geologisten kairausten sekä maatutkaluotauksen avulla. Arvioin myös mallin käyttöä arkeologisessa tutkimuksessa sekä suojelutyössä tukeutuen kenttätöissä tehtyihin havaintoihin. Käyttämäni mallinnusmenetelmä seuraa Niko Latvakosken (2014) pro gradu -työssään esittelemän *sovelletun korkeusmallin* menetelmää. Latvakosken tutkielmassa suon pohjamalleja tarkasteltiin vain teoreettisesti, ilman kenttämittausten avulla hankittua vertailuaineistoa. Kenttämittaukset sekä niihin tukeutuva virhelähteiden arviointi ovat tutkielmani keskeisin lisä toimivan mallinnusmenetelmän kehitystyöhön.

Tutkielmassani oli kolme tutkimuskysymystä, joihin onnistuttiin nähdäkseni vastaamaan tyydyttävästi:

1. Kuinka todenmukaisesti sovellettu korkeusmalli vastaa Rajalamminsuon pohjan kokonaistopografiaa?
2. Miten tarkasti sovellettu korkeusmalli vastaa suon pohjan yksityiskohtaisia muotoja?
3. Millä tapaa sovellettua korkeusmallia voi hyödyntää ja kehittää arkeologisessa tutkimuksessa ja suojelussa?

Vaikka Rajalamminsuon jyrkkäpiirteinen ja vaihteleva topografia on ennustavalle kolmiulotteiselle mallintamiselle erittäin haasteellinen, suon pohjan laaja-alaiset korkeuserot pystyttiin selvittämään tutkielmani mallisovituksella suhteellisen hyvin. Syvyyskairaukset paljastivat, että malli pystyy toistamaan pohjan laajempia korkeusalueita melko onnistuneesti suon keskiosissa, mutta sen reunoilla vain välttävästi. Toisaalta pienialaiset pohjanmuotojen vaihtelut ovat mallinnusmenetelmän tavoittamattomissa. Suon reunan maatutkaprofiilit paljastivat kuinka muutaman kymmenen metrin levyiset harjanteet ja kuopanteet puuttuvat mallista. Toisaalta 200 m

maatutkalinjojen kokonaisvaltainen korkeusprofiili toistuu melko samalla tapaa laskevana sekä maatutkadatassa että sitä vastaavassa mallin kohdassa, jos niitä tarkastellaan noin 50 m osuuksiin jaettuna. Suon reunalle sijoittuvan Rajalamminsuon 2:n tunnetun asuinpaikan edustalla tehdyt stratigrafiset kairaukset antoivat lisäksi näyttöä siitä, että kohteen arkeologinen signaali jatkuu geologisen suon puolelle, ja mallin käyttökelpoisuutta arkeologisessa tutkimuksessa sekä suojelutyössä oli mahdollista arvioida tätä tietoa vasten. Päädyin tutkimani perusteella näkemykseen, jonka mukaan mallinuksen tarkkuuden voi rinnastaa peruskarttaan. Suon peittämän topografian mallintamisessa tämä tarkkuustaso tarjoaa jo huomattavan edistyskysymyksen verrattaessa perinteisiin maanmittausaineistoihin, jotka eivät tunkeudu suon turpeiden alle laisinkaan. Vaikka menetelmällä ei voida osoittaa tarkasti muinaisia rantaviivoja, voidaan sen avulla rajata suon alueelta vyöhykkeitä, joilta halutun korkuisia rantoja on todennäköisintä löytää.

Näkemykseni mukaan tässä tutkielmassa käytetyillä asetuksilla ja aineistoilla mallia voidaan jo hyödyntää viitteellisenä menetelmänä tutkimuskäytössä, mutta onnistuneen mallinnuksen ehtoja pitää edelleen tutkia, jotta siitä tulisi luotettavampi. Tämän tutkimuksen kaltaisia selvityksiä tulisi tehdä lisää myös sellaisilla soilla, jotka poikkeavat nyt tutkitusta alueesta. Tulevissa tutkimuksissa olisi myös hyödyksi, mikäli syvyyskairauksia voitaisiin tehdä enemmän ja järjestelmällisissä linjastoissa. Vaihtoehtoisesti pohjan todellista korkeutta voitaisiin tutkia myös esimerkiksi maatutkan avulla. Olennaista olisi myös tutkia, millä ehdoin mallinnuksia voidaan tehdä soilla, joilla ympäröivä pintamaa ja suon pohja ovat geologisesti eri maa-ainesta, jolloin kairattuja pohjan korkeuksia ja suota ympäröivää laserkeilausaineistoa ei voitaisi yhdistää ilman lisämuokkauksia.

Toimivia mallinnusasetuksia voitaisiin selvittää myös sellaisten soiden kohdalla, joilta tunnetaan enemmän syvyyspisteitä, kuin perinteisellä linjaverkostolla tutkituista soista. Tuoreissa GTK:n turvevaraselvityksissä syvyystietoja on usein tiheämmin, kuin Rajalamminsuon tapauksessa, jonka tutkimus tehtiin 1980-luvulla. Tällaisilla soilla ei välttämättä tarvitsisi käydä tekemässä lisäkairauksia mallin koettelemiseksi, vaan sen rakentamisessa voitaisiin käyttää ainoastaan osaa tunnetuista pisteistä ja loput toimisivat

mallin onnistuneisuutta varmistavana vertailuaineistona. Turvetutkimuksien menetelmäkehittelyissä on tutkittu yksittäisiä soita useilla eri menetelmillä, jolloin niistä on karttunut runsaasti erilaista syvyysdataa laajalta yksittäisen suon alueelta (Laatikainen et al. 2011). Näiden mittauksien tietoja voitaisiin myös käyttää harvapisteisen interpoloinnin vertailuaineistona, jolloin todennukaisen mallin ehtoja olisi mahdollista tutkia alustavasti ennen menetelmän soveltamista arkeologisesti mielenkiintoiseen suohon.

## Lähteet

### Verkkolähteet

CalPal Online. 2017. Radiohiiliajoitusten kalibrointipalvelu. <<http://www.calpal-online.de/>> (luettu 6.1. 2017)

Garmin. 2016. Laitteen valmistajan kotisivut.  
<[www8.garmin.com/aboutGPS/waas.html](http://www8.garmin.com/aboutGPS/waas.html)> (luettu 19.7. 2016)

Kuntaliitto. 2017. Paikkatiedon opas, tarjouspyyntömallit.  
<<http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/mal/verkko-oppaat/paikkatiedon-opas/toiminta-ja-hankinnat/asiakirja-ja-sopimusmalleja/Sivut/sivu-kartoituspyynto-malli.aspx>> (luettu 13.3. 2017)

Maanmittauslaitos. 2016. Laserkeilausaineiston esittelysivu  
<<http://www.maanmittauslaitos.fi/digituotteet/laserkeilausaineisto>> (luettu 29.12. 2016)

Maanmittauslaitos. 2016b. Avoimien aineistojen tiedostopalvelun esittelysivu.  
<<http://www.maanmittauslaitos.fi/aineistot-palvelut/latauspalvelut/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>> (luettu 29.12. 2016)

Mikroliitti. 2017. Tutkimusraporttien tietokanta.  
<<http://www.mikroliitti.fi/savita1/raport/rannans.htm>> (luettu 6.1. 2017)

Natura 2000. 2016. Suojeluohjelman tietokanta.  
<<http://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=FI0420001>>  
(luettu 12.12. 2016)

Radar Systems. 2017a. Laitteen valmistajan kotisivut.  
<<http://www.radsys.lv/en/products-soft/products/prod/7>> (luettu 4.4. 2017)

Radar Systems. 2017b. Laitteen valmistajan kotisivut.  
<<http://www.radsys.lv/en/products-soft/products/prod/12>>(luettu 4.4. 2017)

## Arkisto- ja painamattomat lähteet

- Anttila, K. 2005. *Rajalamminsuon geomorfologia*. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, Maantieteen laitos.
- Halinen, P. 2007. *Savitaipaleen osainventointi 3.–7.5. 2004*. Tutkimusraportti. Museoviraston arkisto, Helsinki.
- Jussila, T. 2002. *Savitaipale Rovastinoja - Kivikautisen asuinpaikan kaivaus 1997*. Tutkimusraportti. Museoviraston arkeologinen keskusarkisto.
- Jussila, T. 1996. *Savitaipale Muinaisjäännösten inventointi 1996*. Tutkimusraportti. Museoviraston arkeologinen keskusarkisto.
- Juvonen, S-K & Kurikka, T. (toim.) 2016. *Suomen Ramsar-kosteikkotoimintaohjelma 2016–2020*. Ympäristöministeriö, Helsinki.
- Latvakoski, N. 2014. *Turve- ja laserkeilausaineistot umpeenkasvaneiden järvien rekonstruoimisessa ja arkeologisessa tutkimuksessa*. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, Filosofian, Historian, Kulttuurin ja taiteiden tutkimuksen laitos.
- Miettinen, Timo. 1990. *Savitaipaleen muinaisjäännösten perusinventointi 1981*. Tutkimusraportti. Museoviraston arkeologinen keskusarkisto.
- Museovirasto. 2016. *Lausunto MV/9/05.00.00/2016 Ramsar-kosteikkotoimintaohjelma*. Lausunto. Museoviraston arkisto.
- Pietiläinen, P. 2004. *Savitaipaleen arkeologinen inventointi*. Tutkimusraportti. Museoviraston arkeologinen keskusarkisto.
- Schulz, H-P. 1999. *Yli-Ii Purkajasuo/Korvala - Kivikautisen pyyntipaikan ja asuinpaikan kaivaus 27.7–25.9.1998 ja 2.8.–30.9.1999*. Tutkimusraportti. Museoviraston arkeologinen keskusarkisto.

## Painetut lähteet

- Aalbersberg, G. & Brown, T. 2011. The Environment and Context of the Glastonbury Lake Village: Re-assessment. *Journal of Wetland Archaeology* 11: 136–151.
- Aapala, K., Heikkilä, R. & Lindholm, T. 1996. Peatlands and peat resources in Finland.

- H. Vasander (toim.) *Peatlands in Finland*: 45–57. Finnish Peatland Society, Helsinki.
- Babiński, L. Fejfe, M. & Prądyński, W. 2007. Environmental Monitoring at the Lusatian Culture Settlement in Biskupin, Poland. *Journal of Wetland Archaeology* 7: 51–72.
- Bermingham, N. 2007. The Tumbeagh Bog Body and a Consideration of Raised Bog Archaeology in Ireland. M. Lillie, S. Ellis & H. Fenwick (toim.) *Wetland archaeology and environments – Regional Issues, Global Perspectives*: 30–38. Oxbow Books, Oxford.
- Bernard, V. & Langouët, L. 2014. Early Middle Ages Fishweirs, Dendrochronology and Wood Supply in Western France: The Case of the Léguer Estuary, Servel-Lannion, Northern Brittany, France. *Journal of Wetland Archaeology* 14: 34–47.
- Betts, R.C. 1998. The Montana Creek Fish Trap I: Archaeological Investigations in Southeast Alaska. K. Bernick (toim.) *Hidden Dimensions*: 239–251. UBC Press, Vancouver.
- Billamboz, A. 2014. Timber from Old and Young Trees: Dendrotypology as the Backbone of the Dendroarchaeological Investigations of Prehistoric Fish Traps and Pile Dwellings in South-West Germany. *Journal of Wetland Archaeology* 14: 48–57.
- Boreham, S., Boreham, J. & Rolfe, C.J. 2011. Physical and Chemical Analyses of Sediments from around Starr Carr as Indicators of Preservation. *Journal of Wetland Archaeology* 11: 20–35.
- Brown, T. 2003. Divisions of floodplain space and sites on riverine 'islands': functional, ritual, social, or liminal places? *Journal of Wetland Archaeology* 3: 3–15.
- Brown, T., Bradley, C., Grapes, T. & Boomer, I. 2011. Hydrological Assessment of Star Carr and the Hertford Catchment, Yorkshire, UK. *Journal of Wetland Archaeology* 11: 36–55.
- Burov, G.M. 2005. Fishing Gear of the 1st Millenium AD in the North East of European Russia. *Journal of Wetland Archaeology* 5: 5–16.
- Burrough, P.A. & McDonnell, R.A. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press, Oxford.

- Byram, S. 1998. Fishing Weirs in Oregon Coast Estuaries. K. Bernick (toim.) *Hidden Dimensions*: 199–219. UBC Press, Vancouver.
- Castañó, S., Mejuto, M.F., Vela, A. & Quintanilla, A. 2000. Wetland monitoring by the integration of remotely sensed data in a G.I.S tool. J.L. Casanova (toim.) *Remote Sensing in the 21st Century: Economic and Environmental Applications*: 175–181. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Chaney, G. 1998. The Montana Creek Fish Trap II: Stratigraphic Interpretation in the Context of Southeastern Alaska Geomorphology. K. Bernick (toim.) *Hidden Dimensions*: 252–266. UBC Press, Vancouver.
- Chapman, H. 2015. The Landscape Archaeology of Bog Bodies. *Journal of Wetland Archaeology* 15: 109–121.
- Chapman, H. & Gearey, B.R. 2002. Archaeological predictive modelling in raised mires – concerns and approaches for their interpretation and future management. *Journal of Wetland Archaeology* 2: 77–88.
- Charniauski, M. & Kryvaltsevich, M. 2011. Belarusian Wetland Settlements in Prehistory. E. Pranckėnaitė (toim.) *Wetland Settlements of the Baltic - A Prehistoric Perspective*: 113–131. Center of underwater archaeology, Vilnius.
- Coles, J. 2001. Of water-wings and wellingtons: wetland archaeology and the new journal. *Journal of Wetland Archaeology* 1: 3–13.
- Coles, J.M. 1998. Prologue: Wetland Worlds and the Past Preserved. K. Bernick (toim.) *Hidden Dimensions*: 5–23. UBC Press, Vancouver.
- Coles, B. & Coles, J. 1989. *People of the Wetlands – Bogs, Bodies and Lake-Dwellers*. Thames & Hudson, Lontoo.
- Coles, B. & Coles, J. 1986. *Sweet Track to Glastonbury – The Somerset Levels in Prehistory*. Thames and Hudson, New York.
- Conyers, L.B. 2004. *Ground-Penetrating Radar for Archaeology*. Altamira, Lanham.
- Conyers, L.B. 2012. *Interpreting Ground-Penetrating Radar for Archaeology*. Left Coast Press, Walnut Creek.
- Cowie, T., Pickin, J. & Wallace, C. 2011. Bog Bodies from Scotland: Old Finds, New Records. *Journal of Wetland Archaeology* 10: 1–45.
- Crone, A. 2014. Dendrochronological Studies of Alder (*Alnus Glutinosa*) on Scottish Crannogs. *Journal of Wetland Archaeology* 14: 22–33.



- Crutchley, S. 2010. *The Light Fantastic - Using airborne lidar in archaeological survey*. English Heritage, Swindon.
- Daly, A. 2014. Fine-Tuned Chronology of Medieval Fishweirs on the Fergus Estuary, Co. Clare, Ireland. *Journal of Wetland Archaeology* 14: 6–21.
- Daly, A. O'Sullivan, A. & Sands, R. 2014. Chronology, Culture and Archaeology: Precision Chronology of Wetland Structures Using Tree-Ring Studies. *Journal of Wetland Archaeology* 14: 1–5.
- Davis, S.R., Wilkinson, D.M. & Clare, T. 2007. Putative Ritual Deposition of Neolithic Stone Axes in a Wetland Context in Cumbria: Refining the narrative using beetle remains. *Journal of Wetland Archaeology* 7: 73–81.
- Dods, R.R. 2003. Wondering the Wetland: archaeology through the lens of myth and metaphor in Northern Boreal Canada. *Journal of Wetland Archaeology* 3: 17–36.
- Doneus, M. & Kühteiber, T. 2013. Airborne laser scanning and archaeological interpretation - Bringing back the people. R.S. Opitz & Cowley D. (toim.) *Interpreting Archaeological Topography – 3D Data, Visualisation and Observation*: 32–50. Oxbow Books, Oxford.
- Ershova, E. 2013. Zamostje 2, 2013. Results of the botanical and pollen analysis. V.M. Lozovski, O.V. Lozovskaya & I.C. Conte (toim.) *Zamostje 2 - Lake settlement of the Mesolithic and Neolithic fisherman in Upper Volga Region*: 183–193. Russian Academy of Science, Institute for the History of Material Culture, Sergiev-Possad State History and Art Museum-Preserved, Pietari.
- Feulner, F. 2011. The Late Mesolithic Bark Floor of the Wetland Site of Råde 2, Schleswig-Holstein, Germany. *Journal of Wetland Archaeology* 11: 109–119.
- Fredengren, C. 2011. Where wandering Water Gushes – The Depositional Landscape of the Mälaren Valley in the Late Bronze Age and Earliest Iron Age of Scandinavia. *Journal of Wetland Archaeology* 10: 109–135.
- Fredengren, C. & Löfqvist, C. 2015. Food for Thor: The Deposition of Human and Animal Remains in a Swedish Wetland. *Journal of Wetland Archaeology* 15: 122–148.
- Gaffney, C. & Gater, J. 2010. *Revealing the buried past - Geophysics for Archaeologists*. The History Press, Gloucestershire.

- Gillings, M. 1995. Flood dynamics and settlement in the Tisza valley of north-east Hungary: GIS and the Upper Tisza project. G. Lock & Z. Stančič (toim.) *Archaeology and Geographical Information Systems: A European Perspective*: 67–84. Taylor & Francis, Lontoo.
- Gregory, D. & Jensen, P. 2006. The Importance of Analysing Waterlogged Wooden Artefacts and Environmental Conditions when Considering their *In Situ* Preservation. *Journal of Wetland Archaeology* 6: 65–81.
- Grönlund, E. & Simola, H. 2011. Suoturvetta ja järvenpohjaa – Euran Hyväsuon ja Köyliön Köyliöjärven paleoekologiset tutkimukset. K. Uotila (toim.) *Avauksia Ala-Satakunnan esihistoriaan*: 81–110. Muuritutkimus, Kaarina.
- Hakulinen, M. 2012. *Suursaimaa : hiekkarantojen elämää 6000 vuotta sitten*. Geomatti Oy, Lappeenranta.
- Hakulinen, M. 2009. *Saimaan jääjärvet: sininen hetki - yli 10 000 vuotta sitten*. Geomatti Oy, Lappeenranta.
- Hakulinen, M. 2006. 1. Vesistöjen kehitys. A. Hämäläinen & M. Wallenius (toim.) *Etelä-Karjalan maisema- ja kulttuurialueselvitys Osa 1*. Etelä-Karjalan liitto, Lappeenranta.
- Hartz, S. 2011. Baltic Germany and its Prehistoric Wetland Sites. E. Prankėnaitė (toim.) *Wetland Settlements of the Baltic - A Prehistoric Perspective*: 163–180. Center of underwater archaeology, Vilnius.
- Hingley, R., Ashmore, P., Clarke, C. & Sheridan, A. 1999. Peat, archaeology and palaeoecology in Scotland. B. Coles, J. Coles & M.S. Jørgensen (toim.) *Bog Bodies, Sacred Sites and Wetland Archaeology*: 105–114. Wetland Archaeology Research Project, Exeter.
- Hutchings, R.M. & Campbell, S.K. 2005. The Importance of Deltaic Wetland Resources: A Perspective from the Nooksack River Delta, Washington State (U.S.A). *Journal of Wetland Archaeology* 5: 17–34.
- Iba, I. 2005. The Awazu Site, a Shell-Midden on the Bottom of Lake Biwa, Japan. *Journal of Wetland Archaeology* 5: 35–48.
- Innes, J.B., Blackford, J.J. & Simmons, I.G. 2011. Mesolithic Environments at Star Carr, Eastern Vale of Pickering and Environs: Local and Regional Contexts. *Journal of Wetland Archaeology* 11: 85–108.

- Kama, P. 2016. Place-lore concerning bog bodies and a bog body concerning place-lore. *Journal of Wetland Archaeology* 16: 1–16.
- Kelly, R.L. 2007. *The Foraging Spectrum – Diversity in Hunter-Gatherer Lifeways*. Percheron press, New York.
- Kilfeather, A. 2003. Legend and wetland landscape in Ireland. *Journal of Wetland Archaeology* 3: 36–50.
- Koivisto, S. 2017. *Archaeology of Finnish wetlands with special reference to studies of Stone Age stationary wooden fishing structures*. Unigrafia, Helsinki.
- Koivisto, S. 2016. Turpeen kätkemää - Suolöydöt arkeologisena tutkimusaineistona. *Suo - Mires and Peat* 67(1): 42–45.
- Koivisto, S. 2015. Kadonneen kivikauden jäljillä eteläisellä Saimaalla. *Museoviesti* 2015: 18–23.
- Koivisto, S. 2011. Prehistoric Wetland Archaeology in Finland: Sites and Settlement in a Changing Environment. E. Pranckėnaitė (toim.) *Wetland Settlements of the Baltic - A Prehistoric Perspective*: 31–53. Center of underwater archaeology, Vilnius.
- Koivisto, S. & Laulumaa, V. 2013. Pistepilvessä – Metsien arkeologiset kohteet LiDAR-ilmalaserkeilausaineistoissa. J. Enqvist, J. Ruohonen & M. Suhonen (toim.) *Arkeologipäivät 2012*. Suomen arkeologinen seura, Helsinki.
- Koivisto, S. & Nurminen, K. 2015. Go with the flow: Stationary wooden fishing structures and the significance of estuary fishing in Subneolithic Finland. *Fennoscandia archaeologica* XXXII: 55–77.
- Koot, C.W. & Bakels, C.C. 2002. Wood resources and their Exploitation During the Iron Age Occupation of the Fens of Midden-Defland, the Netherlands. *Journal of Wetland Archaeology* 2: 3–24.
- Korhola, A. & Tolonen, K. 1996. The natural history of mires in Finland and the rate of peat accumulation. H. Vasander (toim.) *Peatlands in Finland*: 20–26. Finnish Peatland Society, Helsinki.
- Kriiska, A. & Roio, M. 2011. Prehistoric Archaeology of Wetlands in Estonia. E. Pranckėnaitė (toim.) *Wetland Settlements of the Baltic - A Prehistoric Perspective*: 55–73. Center of underwater archaeology, Vilnius.
- Kvamme, K.L. 1995. G. Lock & Z. Stančič (toim.) A view from across the water: the

- North American experience in archaeological GIS. *Archaeology and Geographical Information Systems: A European Perspective*: 1–14. Taylor & Francis, Lontoo.
- Laatikainen et al. 2011. *Turvetutkimusten menetelmäkehitystarkastelu*. Geologian tutkimuslaitos, Espoo.
- Laine, J. & Vasander, H. 1996. Ecology and vegetation gradients of peatlands. H. Vasander (toim.) *Peatlands in Finland*: 10–19. Finnish Peatland Society, Helsinki.
- Lappalainen, E. 1996. Peatlands and peat resources in Finland. H. Vasander (toim.) *Peatlands in Finland*: 36–38. Finnish Peatland Society, Helsinki.
- Lappalainen, E., Sten, C-G. & Häikiö, J. 1984. *Turvetutkimusten maasto-opas*. Geologian tutkimuskeskus, Espoo.
- Larsson, L. 2011. Wetland Settlements in Prehistoric Sweden. E. Pranckėnaite (toim.) *Wetland Settlements of the Baltic - A Prehistoric Perspective*: 7–30. Center of underwater archaeology, Vilnius.
- Larsson, L. 1998. Prehistoric Wetland Sites in Sweden. K. Bernick (toim.) *Hidden Dimensions*: 64–82. UBC Press, Vancouver.
- Lewis, H. 2007. Pile Dwellings, Changing Lake Conditions and Sediment Deposition: Preliminary soil micromorphology study of cultural deposits from underwater sites at Lake Luokesas, Molėtai Region, Lithuania. *Journal of Wetland Archaeology* 7: 33–50.
- Lillie, M. & Ellis, S. 2007. Wetland Archaeology and Environments. M. Lillie & S. Ellis (toim.) *Wetland archaeology and environments – Regional Issues, Global Perspectives*: 3–10. Oxbow Books, Oxford.
- Lindholm, T. & Heikkilä, R. 2006. Destruction of mires in Finland. T. Lindholm & R. Heikkilä (toim.) *Finland - land of mires*: 179–192. Finnish Environment Institute, Helsinki.
- Losey, R. 2010. Animism as a Means of Exploring Archaeological Fishing Structures on Willapa Bay, Washington, USA. *Cambridge Archaeological Journal* 20(1): 17–32.
- Loze, I. 2011. Wetlands and Stone Age Wetland Settlements in Latvia. E. Pranckėnaite (toim.) *Wetland Settlements of the Baltic - A Prehistoric Perspective*: 75–91.

Center of underwater archaeology, Vilnius.

- Lozovski, V., Lozovskaya, O.V. & Conte, I.C. (toim.) 2013. *Zamostje 2 – Lake settlement of the Mesolithic and Neolithic fisherman in Upper Volga Region*. Russian Academy of Science, Institute for the History of Material Culture, Sergiev-Possad State History and Art Museum-Preserved, Pietari.
- Lozovski, V. 1999. Archaeological and ethnographic data for fishing structures - from northeastern Europe to Siberia and the evidence from Zamostje 2, Russia. B. Coles, J. Coles & M.S. Jørgensen (toim.) *Bog Bodies, Sacred Sites and Wetland Archaeology*: 139–146. Wetland Archaeology Research Project, Exeter.
- Lund, J. 2008. Banks, Borders and Bodies of Water in a Viking Age Mentality. *Journal of Wetland Archaeology* 8: 53–72.
- Matsui, A. 2005. Salmon Exploitation in Jomon Archaeology from a Wetlands Point of View. *Journal of Wetland Archaeology* 5: 49–64.
- Matthiesen, H., Gregory, D., Jensen, P. & Sørensen, B. 2004. Environmental Monitoring at Nydam, a Waterlogged Site with Weapon Sacrifices from the Danish Iron Age. I: A Comparison of Methods Used and Results from Undisturbed Conditions. *Journal of Wetland Archaeology* 4: 55–74.
- Mazurkevich, A. 2011. Underwater Neolithic Sites of Northwestern Russia: Discovery and Research. E. Pranckėnaitė (toim.) *Wetland Settlements of the Baltic - A Prehistoric Perspective*: 151–162. Center of underwater archaeology, Vilnius.
- Meadows, J. & Zunde, M. 2014. A lake fortress, a floating chronology, and an atmospheric anomaly: The surprising results of a radiocarbon wiggle-match from Āraiši, Latvia. *Geochronometria* 41(3): 223–233
- Menotti, F. 2012. *Wetland Archaeology and Beyond - Theory and Practice*. Oxford university press, Oxford.
- Monikander, A. 2015. Negotiating Fire and Water: Strike-a-lights from the Early Iron Age in Scandinavian Wetlands. *Journal of Wetland Archaeology* 15: 57–71.
- Moss, L.M & Erlandson J.M. 1998. A Comparative Chronology of Northwest Coast Fishing Features K. Bernick (toim.) *Hidden Dimensions*: 180–198. UBC Press, Vancouver.
- Mlekuž, D. 2013. R.S. Messy landscapes: lidar and the practices of landscaping. Opitz & Cowley D. (toim.) *Interpreting Archaeological Topography - 3D Data*,

- Visualisation and Observation*: 88–99. Oxbow Books, Oxford.
- Mäkilä, M. & Grundström, A. 2008. *Turpeen ikä ja kerrostumisnopeus Lounais-Suomen soilla*. Posiva Oy, Eurajoki.
- Mäkilä, M., Lehmuskoski, K. & Grundström, A. 1984. *Savitaipaleen turvevarat ja niiden käyttökelpoisuus*. Geologian tutkimuskeskus, Espoo.
- Mäkilä, M. Säävuori, H. Kuznetsov, O. & Grundström, A. 2013. *Suomen soiden ikä ja kehitys*. Geologian tutkimuskeskus, Espoo.
- Nicholas, G.P. 2007. Prehistoric Hunter-Gatherers in Wetland Environments: Mobility/ Sedentism and Aspects of Sociopolitical Organisation. M. Lillie & S. Ellis (toim.) *Wetland archaeology and environments – Regional Issues, Global Perspectives*: 245–257. Oxbow Books, Oxford.
- Nicholls, M. & Scaife, R. 2008. Palaeoenvironmental Reconstruction from Sediments at West Quay Road, Southampton. *Journal of Wetland Archaeology* 8: 89–117.
- Nikkilä, E. & Virkkala, K. 1952. *Suolöydöt - Ohjeita suosta löydettyjen esineiden talteen ottamiseksi*. Muinaistieteellinen toimikunta, Helsinki.
- Nunez, M., Vikkula, A. & Kirkinen, T. 1995. Perceiving time and space in an isostatically rising region. G. Lock & Z. Stančić (toim.) *Archaeology and Geographical Information Systems: A European Perspective*: 142–151. Taylor & Francis, London.
- Nykänen, H., Alm, J., Lång, K., Silvola, J. & Martikainen, P.J. 1995. Emissions of CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> from a virgin fen and a fen drained for grassland in Finland. *Journal of Biogeography* 22(2): 351–357.
- Oinonen, M., Pesonen, P., Alenius, T., Heyd, V., Holmqvist-Saukkonen, E., Kivimäki, S., Nygren, T., Sundell, T. & Onkamo, P. 2014. Event reconstruction through Bayesian chronology: Massive mid-Holocene lakeburst triggered large-scale ecological and cultural change. *The Holocene* 24(11): 1419–1427.
- Opitz, R.S. 2013. An overview of airborne and terrestrial laser scanning in archaeology. R.S. Opitz & Cowley D. (toim.) *Interpreting Archaeological Topography - 3D Data, Visualisation and Observation*: 13–31. Oxbow Books, Oxford.
- Ó Néill, J. 2003. Landscape, marginality and the practice of wetland archaeology in Ireland. *Journal of Wetland Archaeology* 3: 51–60.
- O'Sullivan, A. 2005. Medieval Fish Traps on the Shannon Estuary, Ireland: Interpreting



- People, Place and Identity in Estuarine Landscapes. *Journal of Wetland Archaeology* 5: 65–78.
- Palomo, A., Piqué, R., Terradas, X., Bosch, À., Buxó, R., Chinchilla, J., Saña, M. & Tarrús, J. 2014. Prehistoric Occupation of Banyoles Lakeshore: Results of Recent Excavations at La Draga Site, Girona, Spain. *Journal of Wetland Archaeology* 14: 58–73.
- Pendergast, D.M., Graham, E., Calvera, R.J. & Jardines, J. 2002. The houses in which they dwelt: the excavation and dating of Taino wooden structures at Los Buchillones Cuba. *Journal of Wetland Archaeology* 2: 61–76.
- Piotrowski, W. 1998. The Importance of the Biskupin Wet Site for Twentieth-Century Polish Archaeology. K. Bernick (toim.) *Hidden Dimensions*: 89–106. UBC Press, Vancouver.
- Pollard, M. 1996. The chemical nature of the burial environment. M. Corfield, P. Hinton, T. Nixon & M. Pollard (toim.) *Preserving archaeological remains in situ – Proceedings of the conference of 1st – 3rd April 1996*: 60–65. Museum of London Archaeology Service, Lontoo.
- von Post, L. 1922. Sveriges Geologiska Undersöknings torvinventering och några av dess hittills vunna resultat. *Svenska mosskulturföreningens tidskrift* 37: 1–27.
- Pranckėnaitė, E. 2011. Prehistoric Archaeology of Wetlands in Lithuania: Sites and Settlement in a Changing Environment. E. Pranckėnaitė (toim.) *Wetland Settlements of the Baltic - A Prehistoric Perspective*: 93–112. Center of underwater archaeology, Vilnius.
- Pukkila, J. & Uotila, K. 2003. Muinaisjäännöksestä mallinnokseksi - GIS sisällöntuotannon välineenä 3D-visualisoinnissa. P. Pesonen & E. Raike (toim.) *Arkeologipäivät 2003*: 84–96. Suomen arkeologinen seura ry., Helsinki.
- Ramsarin sopimuksen sihteeristö. 2013. *The Ramsar Convention Manual: a guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971)*, 6. painos. Ramsar Convention Secretariat, Gland.
- Rippon, S. 2001. Adaption to a changing environment: the response of marshland communities to the late medieval 'crisis'. *Journal of Wetland Archaeology* 1: 15–39.
- Robertson, D. Ames, J. 2015. Timber Monuments and Coastal Processes: Recording and

- Monitoring of Archaeological Remains at Holme Beach, Norfolk, UK 2003–2008. *Journal of Wetland Archaeology* 15: 34–56.
- Roio, M. 2007. New Interpretations of Settlement Remains in Lake Valgjärv of Koorküla, Estonia. *Journal of Wetland Archaeology* 7: 23–32.
- Saarnisto, M. 2011. Challenging the Early Holocene Isolation Dating of the Saimaa and Ladoga Ringed Seals. J. Harjula, M. Helamaa & J. Haarala (toim.) *Times, Things & Places - 36 Essays for Jussi-Pekka Taavitsainen*. J-P Taavitsainen Festschrift Committee, Masku.
- Saarnisto, M. 1970. *The Late Weichselian and Flandrian History of the Saimaa Lake Complex*. Societas Scientiarum Fennica, Helsinki.
- Sands, R. O'Sullivan, Daly, A. & Dillon, M. 2016. Old maps, channel change, serendipity and loss: medieval fishweirs on the Fergus Estuary, Co.Clare, Ireland. *Journal of Wetland Archaeology* 16: 17–51.
- Sands, R. & Hale, A. 2001. Evidence from marine crannogs of later prehistoric use of Firth Clyde. *Journal of Wetland Archaeology* 1: 41–45.
- Siikala, A-L. 1999. *Suomalainen šamanismi – mielikuvien historiaa*. Suomalaisen Kirjallisuuden Seura, Helsinki.
- Siiriäinen, A. 2004. The Archaeology of the Ancient Lake Kolpene in Rovaniemi: a Review of Investigations. M. Lavento (toim.) *Iskos* 13: 63–69. Suomen muinaismuistoyhdistys, Helsinki.
- Siiriäinen, A. 1974. *Studies Relating to Shore Displacement and Stone Age Chronology in Finland*. Helsingin yliopiston monistuspalvelu, Helsinki.
- Siiriäinen, A. 1967. Yli-Iin Kierikki. Asbestikeraaminen asuinpaikka Pohjois-Pohjanmaalla. *Suomen Museo* 74: 5–37.
- Stevenson, A. 1998. Wet-Site Contributions to Developmental Models of Fraser River Fishing Technology. K. Bernick (toim.) *Hidden Dimensions*: 220–238. UBC Press, Vancouver.
- Taavitsainen, J.-P., Vilkkuna, J. & Forsell, H. 2007. *Suojoki at Keuruu - a mid 14th-century site of the wilderness culture in the light of settlement historical processes in Central Finland*. Finnish Academy of Science and Letters, Helsinki.
- Taivainen, J. (toim.) 2016. *Metsiin kadonneet - Valtion metsien*

- kulttuuriperintökohteiden inventointihanke*. Metsähallitus, Helsinki.
- Taylor, B. 2011. Early Mesolithic Activity in the Wetlands of the Lake Flixton Basin. *Journal of Wetland Archaeology* 11: 63–84.
- Tolonen, K. 2012. Muisteluksia turvekairoista ja soilta. *Suo* 63(2): 73–83.
- Turunen, J. 2008. Changes in Finnish Peatland Area and Carbon Storage. R. Korhonen, L. Korpela & S. Sarkkola (toim.) *Finland – Fenland*: 67–75. Finnish Peatland Society, Helsinki.
- Uotila, K. 2011. Euran viikinkiaika – kolmiulotteinen maisemamallinnos. K. Uotila (toim.) *Avauksia Ala-Satakunnan esihistoriaan*: 133–148. Muuritutkimus, Kaarina.
- Van de Noort, R. 1996. Assessment and management of sites in wetland landscapes: four case studies from the Humber wetlands. M. Corfield, P. Hinton, T. Nixon & M. Pollard (toim.) *Preserving archaeological remains in situ – Proceedings of the conference of 1st – 3rd April 1996*: 133–143. Museum of London Archaeology Service, Lontoo.
- Van de Noort, R. & O'Sullivan, A. 2006. *Rethinking Wetland Archaeology*. Duckworth, Lontoo.
- Vasander, H. 2006. The use of mires for agriculture and forestry. T. Lindholm & R. Heikkilä (toim.) *Finland - land of mires*: 173–178. Finnish Environment Institute, Helsinki.
- Virtanen, K. 2008. The Origin and Development of Mires since the last Ice Age. R. Korhonen, L. Korpela & S. Sarkkola (toim.) *Finland – Fenland*: 12–20. Finnish Peatland Society, Helsinki.
- Vorenhout, M. 2011. *In Situ* Preservation and Monitoring with Particular Application to Star Carr. *Journal of Wetland Archaeology* 11: 56–62.
- Vuolanto, S. 2006. Ramsar areas in Finland. T. Lindholm & R. Heikkilä (toim.) *Finland - land of mires*: 239–246. Finnish Environment Institute, Helsinki.
- Wallace, G. 2003. Using Narrative to Contextualise Micromorphological Data from Neolithic Wetland Houses. *Journal of Wetland Archaeology* 3:75–92.
- Welch, J. & Thomas, S. 1996. Groundwater modelling of waterlogged archaeological deposits. M. Corfield, P. Hinton, T. Nixon & M. Pollard (toim.) *Preserving archaeological remains in situ – Proceedings of the conference of 1st – 3rd*

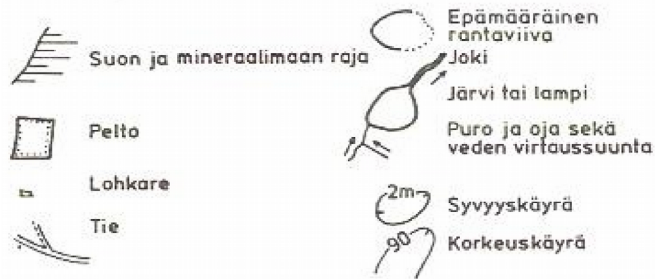
- April 1996*: 16–20. Museum of London Archaeology Service, Lontoo.
- Wessman, A. 2009. Levänluhta - A place of punishment, sacrifice or just a common cemetery?. *Fennoscandia archaeologica* XXVI: 81–105.
- Wilkinson, D.M., O'Regan, H.J. & Clare, T. 2006. Where are the Non-human Bog Bodies. *Journal of Wetland Archaeology* 6: 99–104.
- Willerslev, R. 2007. *Soul hunters : hunting, animism, and personhood among the Siberian Yukaghir*. University of California Press.
- Witten, A.J. 2006. *Handbook of Geophysics and Archaeology*. Equinox, Lontoo.
- Zhilin, M.G. 2014. Early Mesolithic Hunting and Fishing Activities in Central Russia: A Review of the Faunal and Artefactual Evidence from Wetland Sites. *Journal of Wetland Archaeology* 14: 91–105.
- Zhilin, M.G. 2007. Mesolithic Wetland Sites in Central Russia. M. Lillie & S. Ellis (toim.) *Wetland archaeology and environments – Regional Issues, Global Perspectives*: 65–78. Oxbow Books, Oxford.

### **Henkilökohtaiset tiedonannot**

- Hakulinen, Matti 1.10. 2017. Sähköposti.
- Hakulinen, Matti 10.12. 2015. Sähköposti
- Koivisto, Satu 17.7.2015.
- Laatikainen, Matti 14.12.2016. Sähköposti.
- Latvakoski, Niko 15.12.2015. Sähköposti.
- Vasander, Harri 15.7.2016.

## Liite I: GTK:n aineiston merkit

### SUOKARTTA:



5,0 Keskimääräinen maatuneisuus  
37% Heikosti maatuneen pintakerroksen / koko turvekerraston paksuus dm

P3 Hajapiste

X 22 Turvekerraston paksuus dm

● Näytepiste

### PROFIILIT:

#### Turvelajit:

	Rahka (Sphagnum)	S		Tupasvilla (Eriophorum)	ER		Järvikaista (Scirpus)	SP
	Sara (Carex)	C		Tupasluikka (Trichophorum)	TR		Järviruoko (Phragmites)	PR
	Ruskosammal (Bryales)	B		Suoleväkkö (Scheuchzeria)	SH		Raate (Menyanthes)	MN
	Sararahka (Carex-Sphagnum)	CS		Siniheinä (Molinia)	ML		Varpuaines (Nanolignidi)	N
	Rahkasara (Sphagnum-Carex)	SC		Korte (Equisetum)	EQ		Puuaines (Lignidi)	L
	Ruskosammalsara (Bryales-Carex)	BC						

#### Pohjamaalajit:

	Lohkareita	LO		Hiekka	HK		Savi	SA
	Moreeni	MR		Hieta	HT		Liejusavi	LJSA
	Sora	SR		Hiesu	HS		Kallio	KA

#### Liejut:

	Savilieju	SALJ		Karkeadtritustlieju	KDLJ		LJ HS
	Järvimuta	JAMU		Piilevälieju	PILJ		LJ HT
	Hienodtritustlieju	HDLJ		Piimaa	PIMA		LJ HK
							LJ SR

#### Liekoisuus:

3/2 Lieko-osumien määrä 0-1/1-2m:n syvyydessä

#### Turpeen maatuneisuus:

	H <sub>1-3</sub>
	H <sub>4</sub>

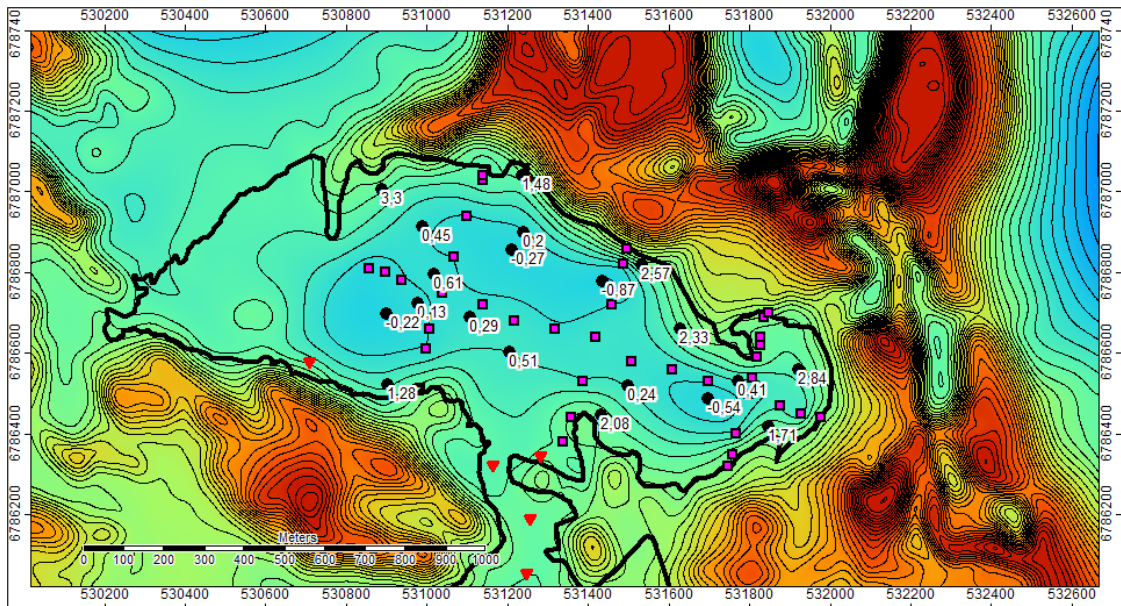
#### 3-U-profiili

~ = S-TURVE H 1-4  
≈ = S-TURVE H 5-10  
- = C-TURVE H 1-2  
= = C-TURVE H 3-10



## Liite II: Tutkimuksen malli ja parannellut sovituksset

### Tutkimuksessa käsitelty sovitus



#### Asetukset

##### Vaihe: Shapes to Grid

Method for Multiple Values	mean
Preferred Target Grid Type	Floating Point (4 byte)
Fit to Cells	[rasti]
Left:	530000
Right	532998
Bottom	6786000
Top	6788270
Cellsize	2
Columns	1499
Rows	1135
Fit	cells
Number of Values	[tyhjä]

##### Vaihe: Gaussian filter

Standard Deviation	10
Search Mode	Circle
Search Radius	20

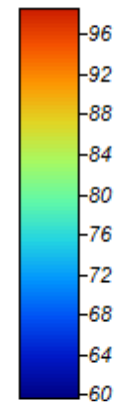
##### Vaihe: Close Gaps with Spline

Only Process Gaps with Less Cells	0
Maximum Points	100000
Number of Points for Local Interpolation	100000
Extended Neighbourhood	[tyhjä]
Neighbourhood	Neumann
Radius (Cells)	0
Relaxation	0

▼ Epäonnistuneet  
kairaukset

● Syvyyskairaukset

■ GTK:n linjaverkosto



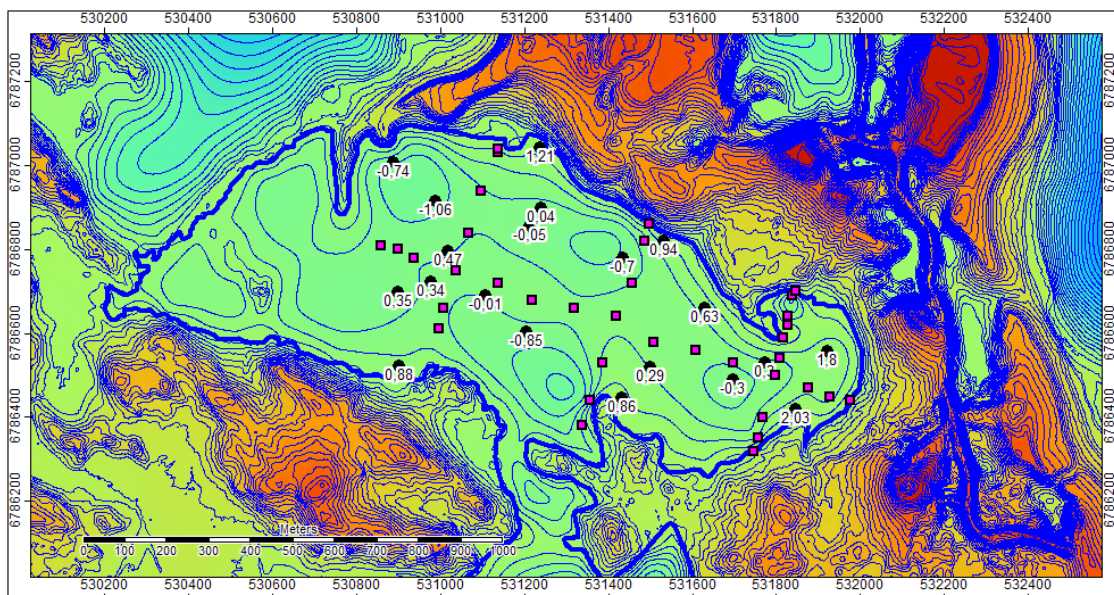
m mpy

#### Virhearvot

Vaihteluväli: -0,85 – +3,3 m  
Keskiarvo: 0,9265 m  
Mediaani: 0,48 m  
Suon reuna: + 1,1 m



## 2. sovitus



### Asetukset

#### Vaihe: Shapes to Grid

Sama kuin tutkimuksen malli

#### Vaihe: Gaussian filter

Standard Deviation	1
Search Mode	Circle
Search Radius	6

#### Vaihe: Close Gaps with Spline

Sama kuin tutkimuksen malli

### Virhearvot

Vaihteluväli: -1,06 – +2,03 m

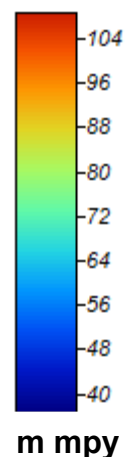
Keskiarvo: 0,3215 m

Mediaani: 0,32 m

Suon reuna: -0,05 m

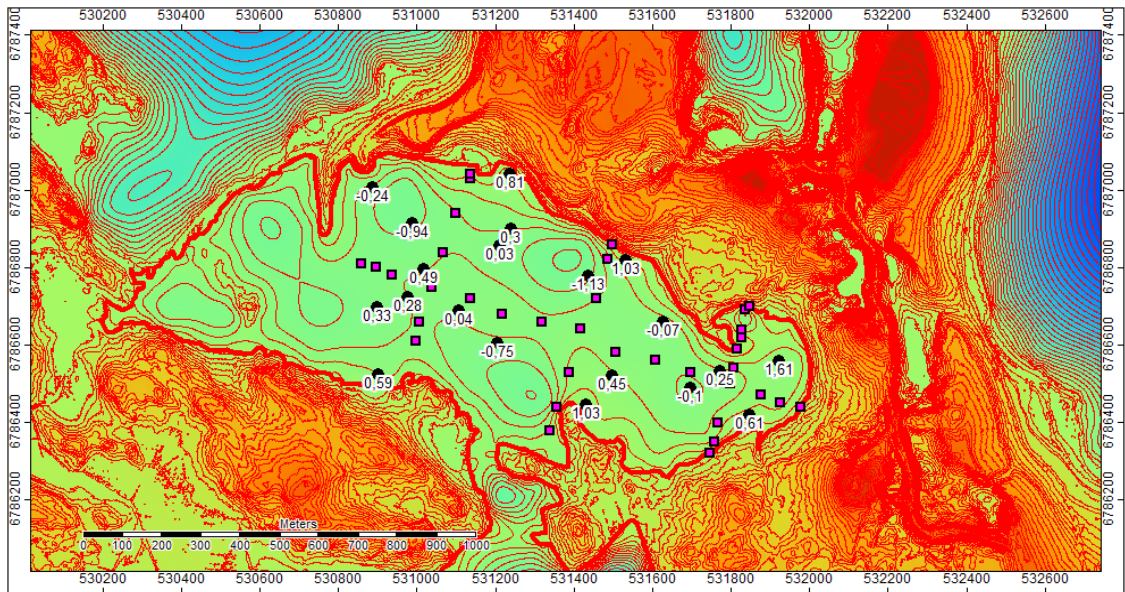
● Syvyysskairaukset

■ GTK:n linjaverkosto



*Mallin toisessa sovituksessa gaussian filter -työkalun asetukset ovat lukuarvoiltaan huomattavasti pienemmät kuin tutkimuksessa tarkastellussa malliversiossa. Tällöin mallin virhearvot myös laskevat. Toisaalta mallin syvänteet asettuvat nyt linjaverkoston säänteleminä sen kairaamattomiin väleihin. Piirre tuskin noudattelee todellista geologista pohjamuotoa. Mallin pinta käy myös rosoisemmaksi.*

### 3. sovitus



#### Asetukset

**Vaihe: Shapes to Grid**  
Sama kuin tutkielman malli

**Vaihe: Gaussian filter**  
Ei käytetty

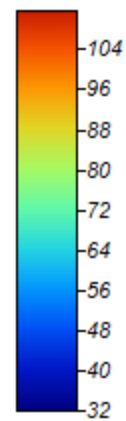
**Vaihe: Close Gaps with Spline**  
Sama kuin tutkielman malli

#### Virhearvot

Vaihteluväli: -1,13 – +1,61 m  
Keskiarvo: 0,231 m  
Mediaani: -0,29 m  
Suon reuna: -0,18

● Syvyyuskairaukset

■ GTK:n linjaverkosto



m mpy

*Kolmannessa sovituksessa gaussian filter jätettiin kokonaan pois. Sovituksen virhearvot ovat muita paremmat lukuun ottamatta suon reunan muutosta, joka on huonompi kuin 2. sovituksessa. Lisäksi tässäkin sovituksessa syvänteet sijoittuvat luonnottomasti kairauslinjastojen väleihin.*